

ESTRATOS

Entrevista a
Javier Cacho
experto polar
y escritor

Vandellós I
una perspectiva
digital para abordar el
desmantelamiento

9º Plan de I+D
para impulsar el
conocimiento
de Enresa

Olivares vivos
un proyecto
para devolver
la biodiversidad
al campo

2024, un año de intensa actividad para Enresa

Enresa llega de nuevo al final de otro ejercicio de intensa actividad, en el que se han producido importantes novedades en la empresa. El 19 de diciembre se ha producido la llegada de Olga García como nueva presidenta de la compañía. José Luis Navarro, hasta ahora presidente, deja la empresa por jubilación tras seis años al frente de la misma. Navarro tomó en 2018 el testigo de Juan Manuel Kindelán, Antonio Colino, José Alejandro Pina, Francisco Gil-Ortega y Juan José Zaballa.

El año comenzaba con un recién aprobado 7º Plan General de Residuos Radiactivos que fijó las estrategias, y las actuaciones de Enresa a corto, medio y largo plazo. Esta planificación permite a la compañía ir dando los pasos adecuados para disponer a tiempo de las soluciones necesarias para la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares.

Por lo que respecta a los residuos de, baja y media actividad, recientemente el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) informó favorablemente la solicitud de construcción de la nueva "Plataforma Sureste" de El Cabril, que servirá para dotar al centro de almacenamiento de la capacidad necesaria para el inventario de residuos previsto en el 7º PGRR. Este informe, junto con la declaración de impacto ambiental, ya formulada, permitirán al MITECO conceder la autorización para la construcción de la plataforma.

Por otro lado, Enresa sigue también a la espera de la apreciación favorable del CSN al Plan de Construcción de la celda 31 para residuos de muy baja actividad. Además, se ha culminado recientemente el montaje de la cubierta completa de la Celda 29.

En el ámbito de los desmantelamientos de centrales nucleares, en la Fase 1 del desmantelamiento de la central nuclear de Santa María de Garoña (Burgos) se han producido importantes avances. Entre los más recientes, se ha presentado la solicitud para construir la instalación complementaria que apoyará al ATI cuando la piscina de la central no esté operativa, en el caso de que haya que reparar algún contenedor. Además, ya han sido cargados y se encuentran en el Almacén Temporal Individualizado cinco contenedores.

También en Garoña, se ha avanzado en los trabajos preparatorios para convertir el edificio de turbina en Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, realizando, entre otras, labores de adecuación de un nuevo sistema de ventilación. Por otro lado, y en clara sintonía con el compromiso de transparencia que aplica Enresa, 2024 ha finalizado con la apertura del nuevo centro de información sobre

el desmantelamiento de Garoña, que será una útil herramienta para explicar la actividad de la compañía en este ámbito y que se presentará próximamente.

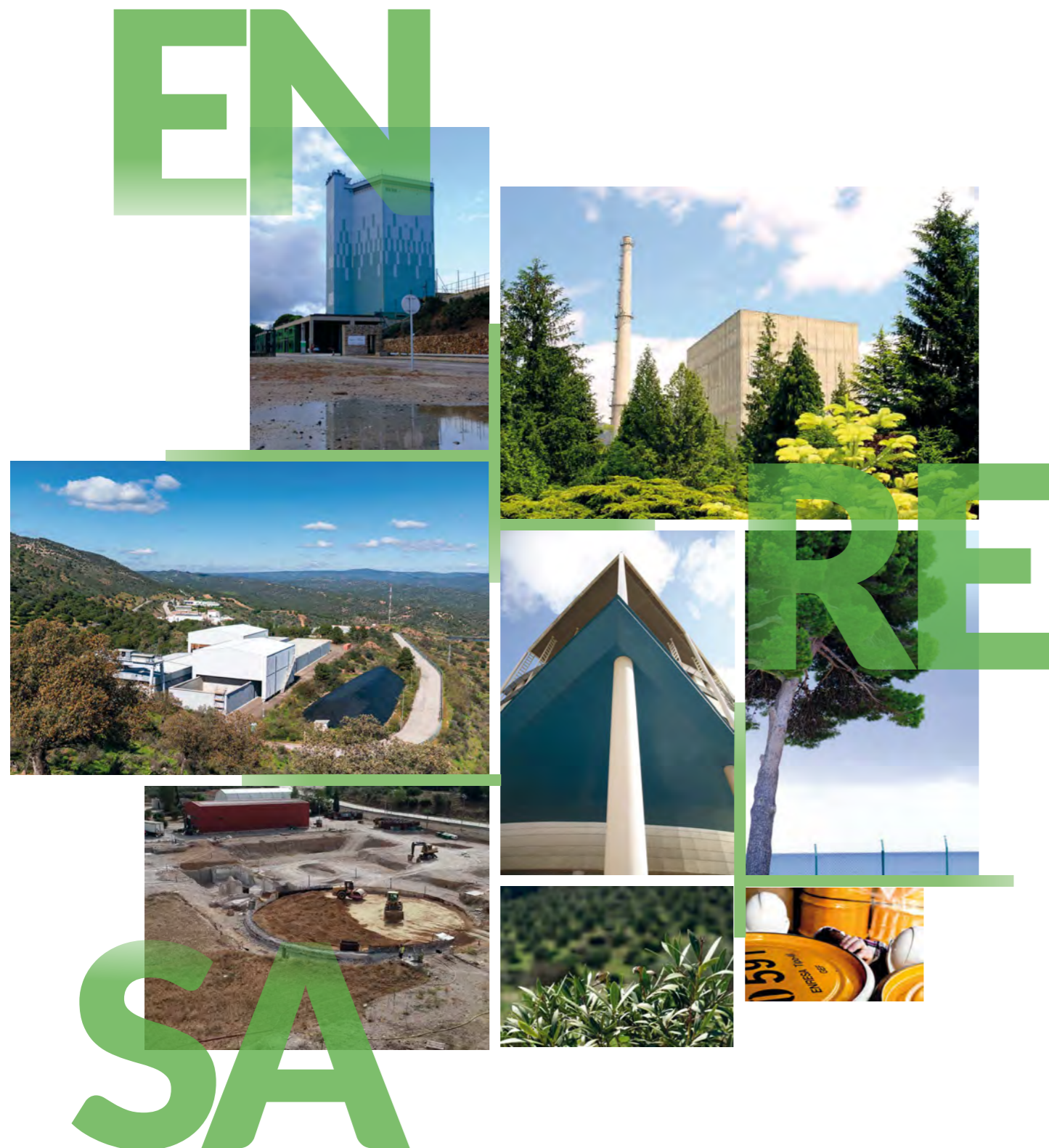
Siguiendo con los desmantelamientos, en la central nuclear José Cabrera (Guadalajara) continúa ejecutándose el Plan de Restauración del Emplazamiento, que permitirá liberar los terrenos. En las últimas semanas, los trabajos se han centrado en el canal de descarga de la instalación. Para ello, se ha realizado una bajada del nivel del embalse de Zorita, en la cuenca del río Tajo y próximo a la central, para poder acometer tareas de medición radiológica del lecho y taludes del canal, con el objetivo de verificar la ausencia de contaminación radiológica en esta zona.

Por otro lado, en Tarragona, en la instalación nuclear Vandellós I, que continúa en situación de latencia segura, se ha producido una importante novedad. Recientemente, se ha presentado la solicitud para construir un almacén temporal donde retornarán los residuos procedentes del reprocesado del combustible de esta central.

En relación con la gestión temporal del combustible gastado, en los últimos meses de 2024 el CSN informó favorablemente la construcción de, un Almacén Temporal Individualizado en la central nuclear Vandellós II para la totalidad de su combustible.

Otro aspecto destacable en este 2024 han sido las visitas que Enresa ha recibido en todas sus instalaciones, que denotan el interés de distintos sectores de la sociedad por la actividad de la empresa. Como visitas más destacables, Enresa ha recibido a la Subdelegada del Gobierno de Córdoba en El Cabril, a Ecologistas en Acción en el desmantelamiento de Garoña, o a la ponencia encargada de las relaciones con el Consejo de Seguridad Nuclear del Congreso de los Diputados en ambas instalaciones. Y en la sede de Enresa en Madrid, la empresa recibió en julio a la, en ese momento, Vicepresidenta Tercera del Gobierno, Teresa Ribera, acompañada por la entonces Secretaria de Estado de Energía, Sara Aagesen, que ha pasado a ser Vicepresidenta Tercera y Ministra para Transición Ecológica y el Reto Demográfico en diciembre. Ambas, valoraron muy positivamente durante su visita el desempeño del servicio público que presta Enresa.

En 2025 Enresa, como empresa pública estatal, continuará estando al servicio de la sociedad, con la prioridad de garantizar la protección de las personas y del medio ambiente.



ESTRATOS

Comité Editorial:

José Luis Navarro Ribera, presidente de Enresa
 María Pérez Fernández, directora de Sostenibilidad y Comunicación
 Mariano Navarro Santos, director Técnico.
 Inmaculada López Díez, directora de Ingeniería
 Eva Mª Noguero Cubero, directora del Centro de Almacenamiento de El Cabril
 Manuel Rodríguez Silva, director de Operaciones

Directora:

María Pérez Fernández

Subdirectora:

Teresa Palacio

Redactora jefe:

Ana Arrojo

Secretarías de redacción:

Olga Cristóbal Lobo, Yolanda Gil López

Redactores y colaboradores:

Caty Arévalo, Ana Arrojo, Javier Bollit, Alejandro Cabanillas, Cristina Correa Saiz, Ignacio Fernández Bayo, María García de la Fuente, Mª Elisa Gimeno Blesa, Nuria Prieto, Miguel Ángel Recio Crespo, Álvaro Rojo.

Fotografía, infografía y video:

Archivo Enresa, Mari Fè Bruque, Javier Cacho, Ctaqua, Joselure, Life Olivares Vivos, Xurde Margarite, Christos Masoyras, Lasse Modin, SEO/birdlife, SKB, Verónica Schulmeister Guillén, Frank Vinken (FAO GFCM).

Producción:

Departamento de Comunicación

Edita:

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. S.M.E.

Dirección postal:

Emilio Vargas, 7. Madrid

Teléfono:

915668100

Página web: www.enresa.es

Correo: registro@enresa.es

Diseño y Maquetación:

Ana Arrojo Rubio

Versión digital interactiva:

Webpublication.

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.

PORTADA
 N° 131
 Fotografía:
 Isla Cacho (Antártida)
 Homenaje a Javier Cacho Gómez.

6

ACTUALIDAD

Noticias Enresa

Olga García, nueva presidenta de Enresa. El Consejo de Seguridad Nuclear informa favorablemente la autorización de ejecución y montaje de la Plataforma Sureste de El Cabril. Instalada la cubierta de la celda 29 de El Cabril. El Plan de Restauración de José Cabrera centra sus trabajos en el canal de descarga. Enresa presenta su *stand* divulgativo en la 50ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española, entre otras.

12

DIVULGACIÓN

Enresa presenta su 9º Plan de I+D para el periodo 2024-2028

El 9º Plan de I+D de Enresa para el periodo 2024-2028 desarrolla proyectos que darán soporte a sus actividades, reflejadas con detalle en el 7º Pan General de Residuos Radiactivos (PGRR). Los sucesivos planes de I+D siempre se han alineado con las necesidades de Enresa, que a su vez se detallan en los progresivos PGRR.



37

ENTORNO

Un viaje a la Alcarria

En el entorno de las centrales nucleares de José Cabrera y Trillo, Enresa ha apoyado desde 2016 medio centenar de iniciativas mediante la cofinanciación de proyectos de desarrollo local.

43

AGP EN SUECIA

El camino a Forsmark

El 26 de octubre de 2024, la Agencia sueca de gestión de residuos radiactivos, SKB, obtuvo el permiso ambiental para la construcción y operación de su AGP y su planta de encapsulado.

49

BIODIVERSIDAD

Cultivando los mares para comer más sano

Buscamos alimentos sanos y ricos, no solo en su sabor, sino en su valor nutricional. Ricos para el paladar y ricos para nuestra salud. A la hora de ampliar nuestra gastronomía hemos puesto los ojos en los mares que no solo proporcionan pescados y moluscos, sino también verduras. Efectivamente, nos vamos a centrar en las algas, las verduras del mar.



18

DESMANTELAMIENTO

Preparando la última fase del desmantelamiento de Vandellós I

Enresa está trabajando en el diseño de la última fase del desmantelamiento de Vandellós I. La complejidad técnica y tecnológica de este proyecto de desmantelamiento es elevada y la digitalización va a jugar un papel muy importante en su diseño y, en un futuro, en su ejecución.

24

CONSERVACIÓN

Olivares vivos: una nueva filosofía de relacionarse con la tierra

El proyecto europeo LIFE Olivares Vivos, promovido por SEO/BirdLife, la Universidad de Jaén, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Diputación de Jaén busca devolver la biodiversidad a los campos de olivos europeos aumentando al mismo tiempo la rentabilidad de cada cosecha.

30

ENTREVISTA

Javier Cacho, experto polar y escritor

Es difícil encajar en un perfil sencillo a Javier Cacho Gómez (Madrid, 1952), a quien el azar convirtió hace 40 años en el experto español en el ozono, un gas poco conocido que enseguida se hizo popular en todo el mundo por la amenaza de su desaparición en la atmósfera. Ello le llevó a la Antártida, donde hay una isla que lleva su nombre. Precisamente, Correos acaba de presentar un sello dedicado a la Isla Cacho.



54

ANTROPOLOGÍA

La huella neandertal en el ser humano moderno: una herencia inesperada

Hace 400.000 años, en las tierras que hoy conocemos como Europa y Asia, los neandertales campaban a sus anchas y no dejaron de existir hasta hace, tan solo 40.000 años. Durante mucho tiempo se pensó que los neandertales desaparecieron sin dejar rastro, pero en la última década la ciencia ha revelado que, en cierto modo, siguen entre nosotros: una pequeña porción de sus genes sobrevive en nuestro ADN.



60

CULTURA

Vivir y escribir por Miguel Ángel Recio Crespo

"La obra de un autor está condicionada por los lugares en los que vive y las experiencias que acumula".

62

REDES

63

SUSCRIPCIÓN

Olga García, nueva presidenta de Enresa

Olga García fue nombrada presidenta de Enresa el pasado jueves, 19 de diciembre por el Consejo de Administración de la compañía.

Olga García es ingeniera industrial por la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura, funcionaria de la Junta de Extremadura y ha cursado un Máster de Gestión de Calidad y Certificación, así como el Programa de Alta Dirección para la Administración Pública.

Previamente a su llegada a Enresa, García ocupó distintos cargos en la Junta de Extremadura, entre los que destacan el de Consejera de Economía e Infraestructuras, entre 2018 y 2019 y el de Con-

sejera para la Transición Ecológica y Sostenibilidad entre 2019 y 2023.

García es desde hoy la primera presidenta de la empresa pública, que este año cumple 40 años desde su creación. Releva en el cargo a José Luis Navarro que ha estado al frente de la compañía desde julio de 2018 y se jubila con 66 años.

Anteriormente, ocuparon la presidencia de Enresa Juan José Zaballa (2015-2018), Francisco Gil-Ortega (2012-2015),



Olga García, nueva presidenta de Enresa.

José Alejandro Pina (1994-1996 y 2004-2012), Antonio Colino (1996-2004) y Juan Manuel Kindelán (1985-1994).

El Consejo de Seguridad Nuclear informa favorablemente la autorización de ejecución y montaje de la plataforma sureste de El Cabril

El Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha informado favorablemente, con condiciones, la solicitud de autorización de ejecución y montaje, en distintas fases, de la plataforma sureste del Centro de Almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de la Sierra Albarra (El Cabril), en Hornachuelos, provincia de Córdoba, presentado por Enresa, titular de la instalación, con el objetivo de disponer en un futuro próximo (2028) de nuevas celdas de almacenaje para residuos de baja y media actividad.



El pasado mes de febrero la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) emitió la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto para la construcción

de esta infraestructura que ahora necesita la autorización del MITECO.

La construcción de la plataforma sureste de El Cabril prevé, en una primera fase, 12 nuevas celdas para

residuos de baja y media actividad, y otras 15 celdas en una segunda fase que dotarán a la instalación cordobesa de capacidad suficiente para gestionar la totalidad de residuos de esta tipología según el inventario previsto en el 7º PGRR.

Representantes municipales franceses visitan el Centro de Almacenamiento de El Cabril y el Congreso de los diputados



Los asistentes profundizaron en su conocimiento del sistema español de gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad.

El pasado noviembre, una delegación de representantes municipales de las dos provincias en las que se ubicará el proyecto CIGEO (AGP francés), Haute-Marne y Meuse, se desplazó hasta España para reunirse con los diputados miembros de la ponencia encargada de las relaciones con el CSN y conocer El Cabril y cómo se realiza el proceso de

gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad.

De la mano de Andra, la agencia francesa de gestión de residuos radiactivos y de Enresa, estos representantes recorrieron las principales dependencias e instalaciones del centro de almacenamiento de Enresa junto con Patrice Torres, director de Operaciones In-

dustriales de Andra. Además de conocer los procesos, los asistentes mostraron su interés por las relaciones que Enresa mantiene con los entornos en los que desarrolla sus actividades y los fondos que el entorno recibe a través de la Orden Ministerial que regula los criterios para la solicitud de proyectos de desarrollo local. Para ello, la delegación tuvo la oportunidad de intercambiar impresiones con miembros de las corporaciones del entorno de El Cabril.

Tras la visita, la delegación se desplazó hasta Madrid para reunirse con los diputados miembros de la ponencia encargada de las relaciones con el Consejo de Seguridad Nuclear e intercambiar el modo de trabajo de ambos países para la gestión de los residuos radiactivos y la colaboración con los entornos de las instalaciones nucleares.

La AMAC visita El Cabril francés

Previamente, más de una veintena de representantes municipales pertenecientes a AMAC visitaron el centro de residuos de baja y media actividad de L'Aube, ubicado en Soullaines-Dhuys, Francia.

Esta visita se ha realizado en base al acuerdo de colaboración que Enresa mantiene con la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares. Dentro de las actividades previstas, se contempla la organización de una jornada formativa en Madrid para informar a los ayuntamientos sobre las actividades de Enresa y en particular, sobre el Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), junto con una visita al Centro de Almacenamiento de El Cabril, actividades que ya se llevaron a cabo.



Los representantes de AMAC en el centro de almacenamiento francés.

El plan de restauración de José Cabrera centra sus trabajos en el canal de descarga de la instalación

El Plan de Restauración que Enresa desarrolla en los terrenos que ocupaba la central nuclear José Cabrera (Guadalajara) evoluciona de acuerdo con la programación establecida. A principios del pasado mes de noviembre, se realizaba una bajada del nivel del embalse de Zorita de los Canes, en la cuenca del río Tajo y próximo a la instalación, para poder acometer tareas de medición radiológica del lecho y taludes del canal de descarga de la central. El objetivo de esta actuación es verificar la ausencia de contaminación radiológica en esta zona.

Para la realización de las mediciones necesarias y de las actuaciones



Se han llevado a cabo tareas de medición radiológica en el canal de descarga de la central.

previstas, ha sido necesario realizar esa bajada del nivel del embalse. La retirada de sedimentos se realiza mediante una retroexcavadora. Posteriormente, se realiza la medida radiológica del canal para comprobar la ausencia de contaminación y, al finalizar, se

restituirá el nivel del agua del embalse.

Antes de realizar esta actuación, fue necesario desarrollar trabajos preparatorios, tales como adecuar los accesos a la zona de trabajos, desbroces y pruebas de sistemas.

Enviadas y almacenadas en El Cabril las primeras "grandes piezas" de José Cabrera

Durante este verano, se realizó la primera expedición al Centro de Almacenamiento de El Cabril de las denominadas "grandes piezas", originadas durante los trabajos de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en Guadalajara. En concreto, fueron dos estructuras de hormigón de un peso de 3,8 y 5,8 toneladas respectivamente, que se almacenaron en la Celda 29 para residuos de muy baja actividad del centro de almacenamiento cordobés. Durante este otoño, estas expediciones han continuado con nuevos envíos.

La singularidad de estas piezas para su gestión, clasificadas como residuos radiactivos de muy baja actividad, es que son consideradas como un transporte "a granel", no llevan embalaje por las dimensiones que tienen. En aplicación de los criterios de protección radiológica, se consideró en su momento que era más adecuado gestionar este tipo de piezas "enteras" que segmentarlas para introducirlas en contenedores. Las piezas van pintadas y con las oquedades selladas. Por otro lado, para asegurar el transporte, se coloca suelo anti-



Las piezas se almacenaron en la Celda 29.

deslizante en los camiones con el objetivo de aumentar el rozamiento de la pieza y asegurar la estabilidad de la misma durante su traslado.

Lanzamiento de EURAD-2, el programa de I+D para la gestión de residuos radiactivos de la UE



Fotografía de familia de los participantes en la reunión.

Enresa participó en la reunión inaugural del Programa Europeo Conjunto sobre Gestión de Residuos Radiactivos, que tuvo lugar en octubre en la ciudad de Gante (Bélgica).

Este encuentro, que congregó a más de 220 expertos de Europa y otros continentes, marca el inicio de una ambiciosa iniciativa de cinco años en la que participan 143 organizaciones de 21 Estados miembros de la Unión Europea y seis socios internacionales.

Durante la reunión, los asistentes revisaron el contenido de cada paquete de trabajo, describieron los múltiples objetivos del proyecto y resaltaron el espíritu colaborativo que lo caracteriza. La representación diversa incluyó organizaciones de gestión de residuos, entidades de apoyo técnico, centros de investigación y organismos reguladores, demostrando el compromiso del consorcio hacia una gestión ambientalmente sostenible y propuesta de cambios importantes.

Estos cambios en Europa apuntan a optimizar la financiación pública

para la investigación y desarrollo (I+D) y fortalecer la cooperación entre los Estados miembros en la gestión de residuos radiactivos. EURAD-2, apoyado en las bases de los programas EURAD-1 y PREDIS, impulsa un enfoque estratégico unificado para la investigación, el desarrollo y la gestión del conocimiento.

Este esfuerzo conjunto garantiza la creación y preservación de conocimientos avanzados y promueve soluciones seguras y socialmente aceptables para la gestión de residuos radiactivos en todas las etapas del ciclo, tanto ahora como en el futuro.

El proyecto de EURAD-2, en el que Enresa tendrá una activa participación colaborando directamente en ocho proyectos de I+D y en otras actividades a través de sus entidades afiliadas, respaldará la aplicación de la Directiva 2010/70 en todos los Estados miembros de la UE, adaptándose a las distintas fases de avance de los programas nacionales y a las variaciones en capacidades e inventarios.

Comienzan a impartirse talleres sobre la actividad de Enresa en centros educativos de Madrid

Igual que Enresa realiza desde hace años en centros educativos de la provincia de Córdoba, la empresa ha programado talleres en centros de la Comunidad de Madrid para divulgar sus actividades entre los escolares. La programación se extenderá durante todo el presente curso.

Los primeros en disfrutar de esta acción formativa fueron los alumnos del Colegio Virgen del Henar, de Coslada, el pasado 11 de octubre. Estos talleres educativos sobre las actividades de Enresa van dirigidos a alumnos de 2º Ciclo de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato con el fin de informarles sobre la labor de la empresa, de un modo sencillo y atractivo.

El taller, denominado "Nuclear-Exit", se desarrolla mediante la modalidad *escape room* cooperativo, dirigido a estudiantes de 14 a 18 años de todas las especialidades, ya que no se requieren conocimientos específicos para poder participar y disfrutar del mismo.

A lo largo del proceso del juego, los alumnos aprenden aspectos generales de Enresa y cómo realiza el proceso de gestión de residuos radiactivos y de desmantelamiento de centrales nucleares.

El juego consiste en una serie de pruebas de inteligencia, perspicacia e intuición, donde los alumnos tienen que trabajar en equipo para conseguir los objetivos planteados.

El CSN informa favorablemente la solicitud de autorización de ejecución y montaje de almacenes temporales individualizados en Vandellós II y Ascó

El Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente, en los últimos meses, de las solicitudes presentadas por los titulares de las centrales nucleares de Vandellós II, y Ascó relativas a la autorización de ejecución y montaje de almacenes temporales individualizados que proporcionen capacidad para la totalidad del combustible gastado de dichas instalaciones.

En el caso de la central nuclear de Vandellós II (Tarragona) el pleno del CSN informó favorablemente en octubre, con condiciones, la solicitud de autorización de ejecución y montaje del almacén temporal individualizado (ATI) de combustible gastado y residuos especiales. Se trata de una instalación de almacenamiento en seco, ubicada al aire libre en el emplazamiento de la central nuclear, dentro del doble vallado del área protegida de la planta y que dispondrá de una capacidad de hasta 73 contenedores del modelo HI-STORM FW que está en proce-

so de licenciamiento. Actualmente, todo el combustible gastado de Vandellós II se encuentra almacenado en la piscina de la instalación, que alcanzaría su almacenamiento máximo en la parada por recarga prevista para abril de 2027.

En el mes de diciembre el organismo regulador también informó favorablemente, con condiciones, la solicitud presentada por el titular de la central nuclear Ascó (Tarragona), relativa a la autorización de ejecución y montaje del nuevo Almacén Temporal Individual (ATI-100) de la instalación. Esta autorización capacita al titular para el inicio de las labores de excavación del terreno y posterior construcción de las estructuras del ATI-100, que está separado del almacenamiento en seco de residuos radiactivos y combustible gastado que ya está en servicio en el emplazamiento. El nuevo ATI-100 debe estar operativo antes de octubre de 2027 para permitir la continuidad de la operación de ambas unidades.

Tanto el ATI ya existente como el nuevo ATI-100 de la central nuclear Ascó permitirán el almacenamiento de todo el combustible gastado y residuos especiales generados por el funcionamiento de la central durante toda la vida prevista según el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

Las instalaciones de almacenamiento temporales se sitúan en superficie o a relativamente pocos metros de profundidad. A día de hoy, existen tecnologías industriales y experiencia suficientes para el diseño, construcción y operación de este tipo de almacenes. En la actualidad España cuenta, además del caso de Ascó, con diversas instalaciones de almacenamiento temporal individualizado basadas en contenedores: el de las centrales nucleares de Almaraz, Cofrentes, Trillo, Vandellós II, Santa María de Garoña y José Cabrera, estas dos últimas, en desmantelamiento.

Un nuevo stand divulgativo sobre Enresa, en la 50 Reunión Anual de la SNE

Enresa estrenó en el mes de octubre en Córdoba un nuevo stand divulgativo sobre su actividad con motivo de la 50 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. El expositor modular, de seis por tres metros, cuenta con tres módulos que pueden variar su ubicación con diferentes contenidos relacionados con el medio ambiente o la seguridad, y que hacen hincapié en el servicio público esencial que presta la compañía.

Con esta nueva herramienta comunicativa Enresa podrá estar

presente en nuevos foros en los que sea necesario explicar su actividad, ya que todo en este stand es reutilizable y se puede adaptar a cualquier espacio disponible.



Uno de los atractivos con los que cuenta es una pantalla interactiva y unas gafas de realidad virtual con las que recorrer El Cabril y comprobar sus diferentes procesos.

Culmina la instalación de la cubierta de la Celda 29

Recientemente, ha finalizado la instalación de la cubierta de la sección II de la celda 29 para residuos radiactivos de muy baja actividad de El Cabril. La nueva cubierta tiene una geometría específica, ajustada a las necesidades de la superficie a cubrir, y es trasladable para su futura reutilización.

El montaje de esta cubierta responde a una de las condiciones establecidas por el Consejo de Seguridad Nuclear para poder volver a almacenar residuos radiactivos en esa sección de la citada celda.



Celda 29 para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad.

AENOR incluye a Garoña en el certificado de calidad de Enresa



AENOR CONFIA realizó en octubre la auditoría anual de seguimiento al sistema de gestión de calidad de Enresa, que incluyó visitas a la sede de Madrid, Garoña y José Cabrera, comprobando el cumplimiento de los requisitos del manual de calidad y de los programas de calidad aplicables, así como su adecuación a los requisitos de la norma UNE-EN ISO 9001:2015.

Ha sido la primera visita de AENOR a Garoña desde que se produjo el traspaso de titularidad

a Enresa. Tras la auditoría, se destaca la ausencia de No Conformidades, lo que evidencia que Enresa ha logrado implementar eficazmente y en poco más de un año el Programa de Garantía de Calidad para la Fase 1 del desmantelamiento de la central nuclear de Santa María de Garoña.

El informe de AENOR incluye referencias a puntos fuertes de la organización como el enfoque hacia la mejora continua; la gestión del proceso de ingeniería y de los procesos de desmantelamiento en los pro-

CN. Santa María de Garoña

yectos auditados y el tratamiento dado a los hallazgos detectados en auditorías de años anteriores.

Este reconocimiento se verá también reflejado en la incorporación de la central de Garoña en el certificado de calidad de Enresa.

Vandellós I renueva el certificado del sistema de gestión ambiental

AENOR también llevó a cabo, el pasado mes de septiembre, la auditoría de renovación del certificado de gestión ambiental de la instalación nuclear Vandellós I en base a la UNE-EN ISO 14001:2015.

La auditoría destaca varios puntos fuertes y evidencia el cumplimiento de Enresa con los estándares y la normativa ambiental aplicable, lo que extiende la validez del certificado 3 años.



Continuista con las ediciones anteriores, el 9º Plan de I+D de Enresa para el periodo 2024-2028 desarrolla proyectos que darán soporte a sus actividades, reflejadas con detalle en el 7º Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), aprobado en el Consejo de Ministros en diciembre de 2023. No es un planteamiento nuevo. Los sucesivos planes de I+D se han alineado con las necesidades de Enresa, que a su vez se establecen y desgranar en los progresivos PGRR.

TEXTO Y FOTOS: ENRESA

De hecho, el primer Plan General de Residuos, aprobado por el Gobierno en 1987, reflejaba, a su vez, la necesidad de impulsar una investigación aplicada, centrada en resolver problemas concretos que, en todos estos años, ha constituido un soporte sólido para el desarrollo de las actividades de Enresa. Así, la I+D de Enresa busca ampliar conocimientos en los campos de la gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad, el combustible gastado y los residuos de alta actividad y del desmantelamiento. En este sentido el jefe del Departamento de Cooperación Internacional e I+D, Joaquín Farias considera que: "no se puede pensar en una priorización porque todas tienen que recibir los medios para realizarse correctamente".

Una buena base y unos objetivos claros

"Tenemos perfectamente identificadas las necesidades y tenemos claros los objetivos" opina por su parte, Silvia Rueda, jefa de la Unidad de Coordinación de Proyectos



El jefe del Departamento de Cooperación Internacional e I+D, Joaquín Farias y Silvia Rueda, jefa de la Unidad de Coordinación de Proyectos e I+D.

e I+D, quien considera que el 9º Plan cuenta, además, con una buena base tecnológica de partida.

EL PGRR, hoja de ruta de Enresa, plantea un escenario con grandes retos como la actualización tecnológica de El Cabril; la puesta en marcha de almacenes temporales

descentralizados en las centrales nucleares españolas; el inicio de operación en 2073 de un repositorio definitivo para el combustible gastado y los residuos de alta actividad o los desafíos derivados del desmantelamiento, en ocasiones simultáneo, de las centrales nucleares españolas.



Vista panorámica del Centro de Almacenamiento para residuos de muy baja, baja y media actividad de El Cabril, situado en plena Sierra Albarrana (Hornachuelos, Córdoba).

Aunque se tratan en líneas de trabajo independientes, las actividades de I+D están a menudo interconectadas. Por ejemplo, los mayores volúmenes de residuos radiactivos generados en un desmantelamiento son de muy baja actividad y tienen como destino definitivo el Centro de Almacenamiento de El Cabril, en Córdoba.

Joaquín Farias lo explica de esta manera: “El desmantelamiento genera residuos de baja y media actividad (RBMA) y de muy baja actividad (RBBA) en gran cantidad por lo que una de las cuestiones importantes al desmantelar es hacer una buena clasificación y tratamiento de residuos”.

La primera de las actividades del plan de acción que conforma la estrategia de la I+D de Enresa está, precisamente, relacionada con el inventario de residuos a gestionar y desarrolla técnicas o tratamientos que consigan minimizar los volúmenes a gestionar, procedentes de la operación o del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.

Por ello, los desarrollos de I+D de Enresa en el Cabril se centran en

adecuar la capacidad radiológica y de almacenamiento a las necesidades actuales, optimizar su funcionamiento y mejorar las tecnologías de caracterización de los RBMA y los RBBA para poder hacer frente a los residuos procedentes del desmantelamiento.

Si bien la I+D siempre comporta desafíos, Silvia Rueda considera que en el campo de la gestión de residuos de media y baja actividad “muchos de los proyectos son continuistas y probablemente el desarrollo tecnológico es mayor”. Mientras, en gestión de combustible gastado (CG) y residuos de alta actividad (RAA) “tenemos muchos más retos en las instalaciones de apoyo para almacenamiento temporal de combustible y por supuesto, en el AGP, en el que llevamos tantos años trabajando”.

Almacenes temporales con capacidad de recuperación

Los almacenes temporales para el combustible gastado son una realidad de las centrales nucleares españolas, pero el 7º PGR amplía su vida operativa hasta que esté disponible el AGP. “Los almacenes temporales para residuos de alta

actividad existen o Enresa está participando en su gestión desde hace años. Lo que ocurre es que la vida de estos almacenes temporales va a ser muy larga”, resume Farias.

Según la estrategia actual, el combustible gastado, los residuos de alta actividad y residuos especiales deberán permanecer en los almacenes temporales de cada una de las centrales nucleares hasta que esté disponible la instalación destinada a su almacenamiento definitivo, el AGP. Esto implica la necesidad de contar con capacidad de recuperación a nivel de contenedor y a nivel de elemento combustible gastado, por lo que Enresa “tiene que enfrentarse al reto de construir una instalación en la que resolver cualquier problema que pueda tener un contenedor”, en palabras de Joaquín Farias.

La capacidad de recuperabilidad es un [requerimiento de Consejo de Seguridad Nuclear](#) que Silvia Rueda nos explica de este modo: “estas instalaciones de almacenamiento temporal tienen que vivir hasta que se trasladen los residuos definitivamente al AGP, previsto

para el año 2073, por lo que necesitamos que cada ATI tenga su instalación de apoyo para el mantenimiento de los contenedores y contar con una instalación que garantice la recuperabilidad del combustible cuando las centrales nucleares estén desmanteladas”.

El desarrollo del conocimiento necesario para cumplir con la instrucción técnica del CSN se aborda en el Plan de I+D y dado que “el contenedor para un ATI está tecnológicamente desarrollado y hay mucha experiencia a nivel nacional e internacional”, explica Farias, se centra en el desarrollo de la citada instalación. Y es que el comportamiento a largo plazo de las estructuras es un área de estudio presente en todos los planes de I+D de Enresa. Silvia Rueda puntualiza dónde radica la diferencia: “los contenedores siguen haciendo su plan de gestión de vida, durabilidad corrosión, etc. pero cambian los tiempos y, por tanto, cambia la estrategia”. Es decir “el conocimiento es el mismo, pero se han introducido elementos en gestión temporal de combustible gastado y residuos de alta a los que el noveno plan tiene que dar respuesta y a los que ya le estamos dando apoyo, de hecho”.

Además, la I+D debe avanzar en el almacenamiento definitivo del combustible gastado y residuos de alta actividad y contribuir al cumplimiento de la Hoja de Ruta del Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), elaborada por Enresa para dar respuesta a las recomendaciones de la misión de revisión internacional IRRS/ARTEMIS, un servicio de revisión por pares que proporciona opinión y asesoramiento de expertos independientes sobre la gestión de residuos radiactivos, basándose en las normas de seguridad y la orien-

tación técnica del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), y en las buenas prácticas internacionales.

La gestión definitiva del CG, un reto compartido

Para alcanzar estos objetivos, Enresa debe mantener su participación en foros internacionales en los que apoyarse para aprovechar los conocimientos adquiridos por países que llevan más avanzados sus programas de Almacenamiento Geológico Profundo (AGP). La I+D y la cooperación internacional son dos conceptos íntimamente relacionados. De hecho, desde su creación “el plan de I+D siempre ha mencionado la importancia de la cooperación Internacional” apunta Joaquín Farias.

El jefe del Departamento de Cooperación Internacional e I+D habla del origen de esta simbiosis: “la gestión de los residuos radiactivos se convirtió en un tema de interés nacional en todos los países hace 40 años. En aquel momento, la mayor parte centralizaron en una

única organización, normalmente pública, la gestión de los residuos radiactivos. No había una experiencia previa y solamente había una organización por país, lo que fomentó que se transmitieran conocimientos, preocupaciones y dudas”.

El espíritu de aquellos tiempos sigue presente. Hay al menos tres organizaciones internacionales importantes que promueven proyectos de I+D. Cabe destacar los programas de Euratom, como Eurad (*European Joint Programme on Radioactive Waste Management*), de la Comisión Europea y la Agencia de Energía Nuclear (NEA, por sus siglas en inglés), una organización de la OCDE con alto nivel técnico. Y también está un tercer organismo de escala mundial, con 180 países miembros, que es el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Los organismos internacionales no son la única vía de colaboración: “Enresa colabora con muchas plataformas nacionales e internacionales. Plataformas nacionales

Almacén temporal centralizado para combustible gastado y residuos especiales de la central nuclear José Cabrera, actualmente en fase de restauración del emplazamiento.



como PEPRI y CEIDEN e internacionales como la IGD-TP” explica Silvia Rueda y destaca la IGD-TP (*Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform*), una plataforma “formada por agencias de los principales países para compartir experiencias y aspectos de I+D relacionados fundamentalmente con AGP, pero que ahora mismo está abierta a todo tipo de residuos”. Es importante también puntualizar la conexión que hay entre todos ellos: “hay una gran interrelación, es decir, no hay programas estancos”, apuntilla Silvia Rueda. Por ejemplo, “IGD-TP está muy presente en Europa, sobre todo en los programas Eurad de Euratom”.

Enresa ha tenido una amplia participación en el primero de los programas Eurad (2019-2024), participación que se va a ver incrementada en Eurad 2 (2024-2028). El Eurad (*European Joint Program on Radioactive Waste Management*, por sus siglas en inglés), es un programa colaborativo de intercambio de conocimientos y tecnología entre los estados miembros que busca la excelencia en gestión de residuos radiactivos.

El segundo programa Eurad coincide con el horizonte temporal de este 9º Plan de I+D, y las expectativas son altas: “estamos muy expectantes con que va a pasar con Eurad 2”, comenta Silvia Rueda, destacando además el proceso de selección de los proyectos de investigación: “ha sido muy bueno este proceso asambleario de definición. Enresa se ha involucrado muy activamente y creo que la participación que tenemos va a dar resultados muy interesantes para el Plan de I+D de Enresa”. Joaquín Fariás destaca también el proceso de toma de decisiones: “Aproximadamente 150 organizaciones han estado involu-

cradas en el proceso de selección y el programa de Eurad 2 ha tardado casi dos años en decidirse porque los temas a investigar son muchos y no se pueden abordar simultáneamente”.

Destaca uno de los proyectos seleccionados que partió de una propuesta de Enresa y que, a su vez, atiende a un requerimiento del Consejo de Seguridad Nuclear. Se trata de un ensayo de las capas de cobertura que cubrirán las plataformas de almacenamiento de El Cabril: “el que hayamos planteado

la propuesta y que haya contado con la colaboración del resto de las agencias de gestión de residuos y de los organismos de investigación que están involucrados en Eurad va a ser muy bueno porque a la par que nosotros vamos desarrollando nuestras capas de cobertura compartimos experiencias y aprendemos de otros modelos”, explica Silvia Rueda.

Una I+D aplicada

Compartir el conocimiento forma parte de la esencia misma de la I+D de Enresa y podría decirse que de

todos sus socios internacionales. Buen ejemplo de ello es el programa Eurad, que incluye actividades muy ambiciosas en las áreas de gestión y transmisión del conocimiento y formación.

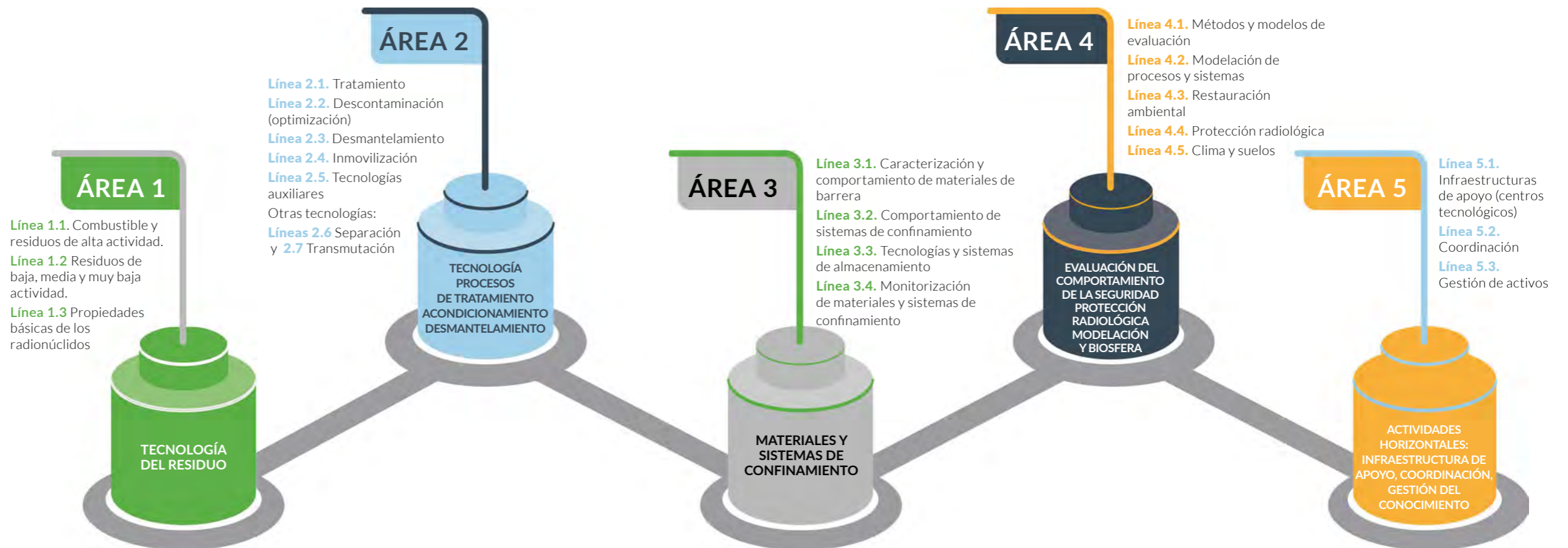
La colaboración es también el modo operandi para la elaboración y ejecución del Plan. En este 9º Plan de I+D han participado los departamentos responsables de las áreas implicadas y ha contado con aportaciones de toda la organización y de los agentes colaboradores (universidades, centros

de investigación, empresas, etc.) que llevan décadas aportando su experiencia. El funcionamiento es el siguiente: el investigador que lleva desde su origen un proyecto de I+D es el que después va a aplicar esos conocimientos en la parte de ingeniería que le corresponde. Porque “La I+D de Enresa es una I+D aplicada”, explica Silvia Rueda, una afirmación que corrobora Joaquín Fariás y desarrolla de esta manera: “normalmente no tenemos un resultado como una máquina o un código numérico, sino que tenemos unos conocimientos

que nos permiten tomar decisiones con bases técnico-científicas mejores”.

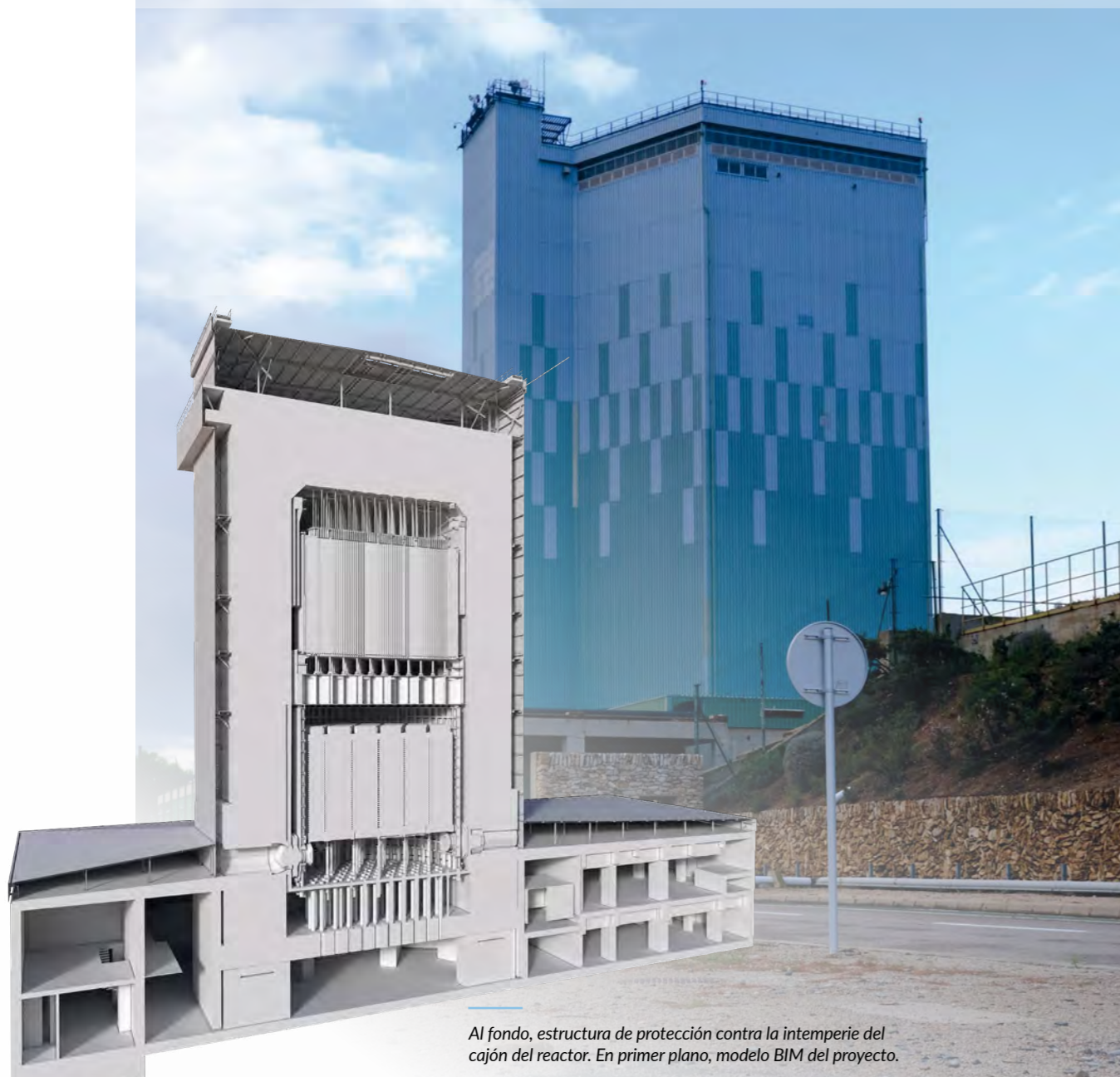
Es decir, los proyectos I+D de Enresa normalmente no culminan con el desarrollo de un producto concreto, sino que se obtiene un resultado que muchas veces no es tangible, pero que amplía el conocimiento del investigador y de la organización. El objetivo final es, por tanto, permitir a Enresa ejecutar, en las mejores condiciones posibles, la labor que le ha sido encomendada. ■

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN DEL 9º PLAN DE I+D DE ENRESA



PREPARANDO LA ÚLTIMA FASE DEL DESMANTELAMIENTO DE VANDELLÓS I

Un proyecto de desmantelamiento singular solo puede abordarse con una perspectiva digital



Al fondo, estructura de protección contra la intemperie del cajón del reactor. En primer plano, modelo BIM del proyecto.

TEXTO Y FOTOS: M^ª ELISA GIMENO BLESA. DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE CLAUSURA. ENRESA; CRISTINA CORREA SÁINZ. JEFA DEL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE CLAUSURA. ENRESA.

El desmantelamiento parcial de Vandellós I supuso un hito a nivel internacional y su última fase de desmantelamiento, para la que Enresa ya trabaja en su diseño, seguramente también lo será. La complejidad técnica y tecnológica de una central de grafito gas como Vandellós I es elevada, por lo que, en este proyecto de desmantelamiento, la digitalización va a jugar un papel muy importante en su diseño y, en un futuro, en su ejecución.

A nivel internacional se están desarrollando importantes iniciativas para optimizar el desmantelamiento de este tipo de reactores y dar respuesta a sus retos técnicos, apoyándose en el uso de simuladores físicos y digitales. Los próximos años van a ser fundamentales para definir las estrategias del desmantelamiento de Vandellós I y su modelo BIM permitirá aumentar aún más la calidad y seguridad del proyecto.

Antecedentes

La central nuclear Vandellós I está situada en el municipio de Vandellòs i L'Hospitalet de l'Infant, en Tarragona. Comenzó su explotación comercial en 1972, bajo la responsabilidad de la compañía Hispano-Francesa de Energía Nuclear S.A. (Hifrensa) y funcionó hasta 1989, fecha en la que sufrió un incendio en zona convencional.

En el año 1990 y por orden ministerial, se revocó su permiso de explotación y se fijaron las condiciones para acometer la fase previa a su desmantelamiento.

Hifrensa llevó a cabo la descarga del reactor, la evacuación del combustible gastado, el acondicionamiento de los residuos de operación y la extracción de los residuos almacenados en los silos de grafito. Además, se desmontaron los depósitos de dióxido de carbono y los grupos turboalternadores principales.

La Orden Ministerial del 28 de enero de 1998 autorizó la transferencia de titularidad a Enresa y la ejecución de un desmantelamiento parcial, que supuso el primer desmantelamiento de una central nuclear española y una de las primeras a nivel europeo. El desmantelamiento parcial, realizado entre 1998 y 2003, consistió en la retirada de los equipos, sistemas y edificios exteriores al cajón del reactor.

Figura 1. CN. Vandellós I en 1998 y 2003.



El cajón del reactor, ya descargado de sus elementos combustibles, y aislado, permanece actualmente en un período de espera y decaimiento denominado fase de latencia que fue autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear en 2005. Tras este período, cuya duración se estima en al menos 25 años, se procederá a desmontar y dismantlar el cajón del reactor y el resto de las estructuras remanentes de la instalación, con el objeto de liberar el emplazamiento.

Durante la fase de latencia además de realizar las tareas de vigilancia y mantenimiento de la instalación, también se está trabajando en el diseño de la última fase del dismantelamiento, que el 7º Plan General de Residuos establece que comenzará a partir del año 2030.

Las singularidades de Vandellós I hacen que este futuro, pero cada vez más próximo dismantelamiento, plantee importantes retos técnicos y tecnológicos que se deberán afrontar en los próximos años.

Condiciones de Vandellós I

Las centrales nucleares de José Cabrera, Garoña y Vandellós I entraron en funcionamiento entre los años 1968 y 1972, y constituyeron las denominadas centrales de primera generación. En las dos primeras centrales se optó por la tecnología americana, así José Cabrera era de agua a presión (PWR) y Garoña de agua en ebullición (BWR). En la tercera se implantó tecnología francesa, Vandellós I era de uranio natural grafito gas (UNGG), utilizando uranio natural como combustible, grafito como moderador y dióxido de carbono como gas refrigerante. Con posterioridad se construirían más centrales de las tipologías PWR y BWR, pero Vandellós I es la única del tipo UNGG que ha estado funcionando en España.

Vandellós I era un reactor integrado donde el recinto de hormigón pretensado, llamado cajón, que actuaba como vasija, alojaba el núcleo del reactor, circuito principal del dióxido de carbono portador del calor, los cambiadores de calor y los ventiladores que impulsaban el gas.

El núcleo del reactor estaba formado por las columnas hexagonales de grafito y los canales de combustible y control. Vandellós I dispuso de 3.072 canales para el combustible y 184 para las barras de control.

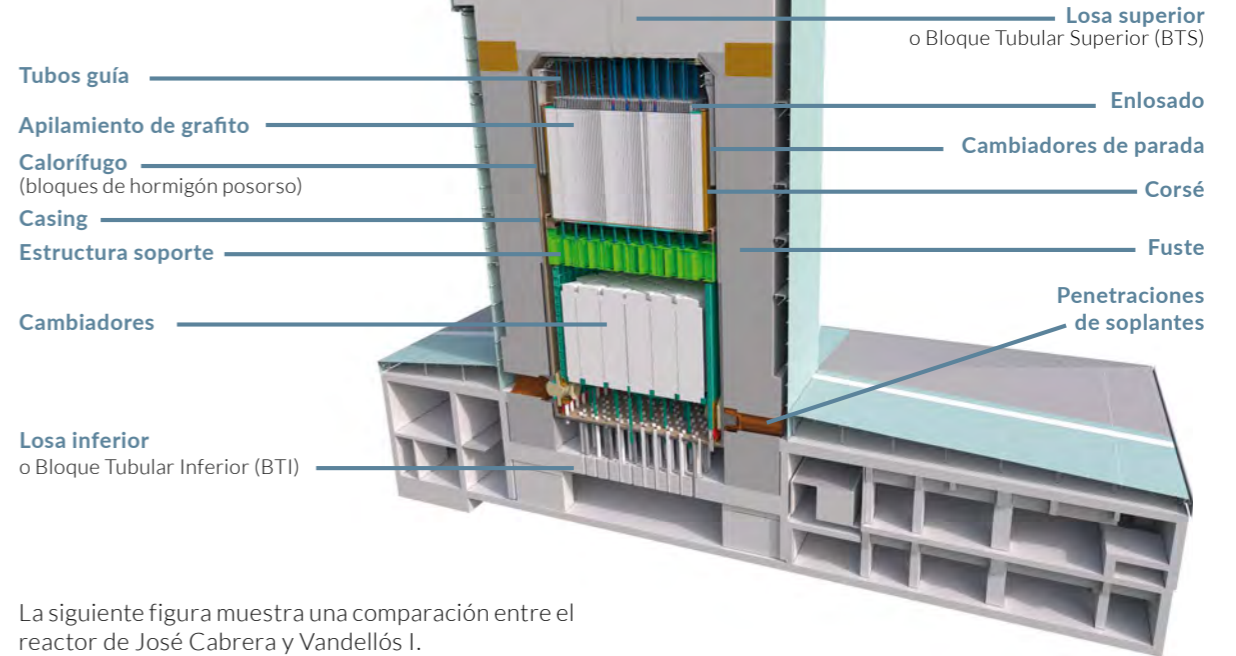
El cajón del reactor tiene forma de prisma hexagonal en su exterior y se encuentra cerrado por una losa en su parte superior y otra en la inferior, presentando una altura próxima a los 50 metros. Los espesores de las paredes varían entre los 4,75 y los 6 m, y delimitan una cavidad cilíndrica estanca de 36 m de altura y 19 m de diámetro.

En esta cavidad se encuentran actualmente el apilamiento de grafito formado por más de 35.000 elementos, las estructuras soporte y los cambiadores principales y de parada.



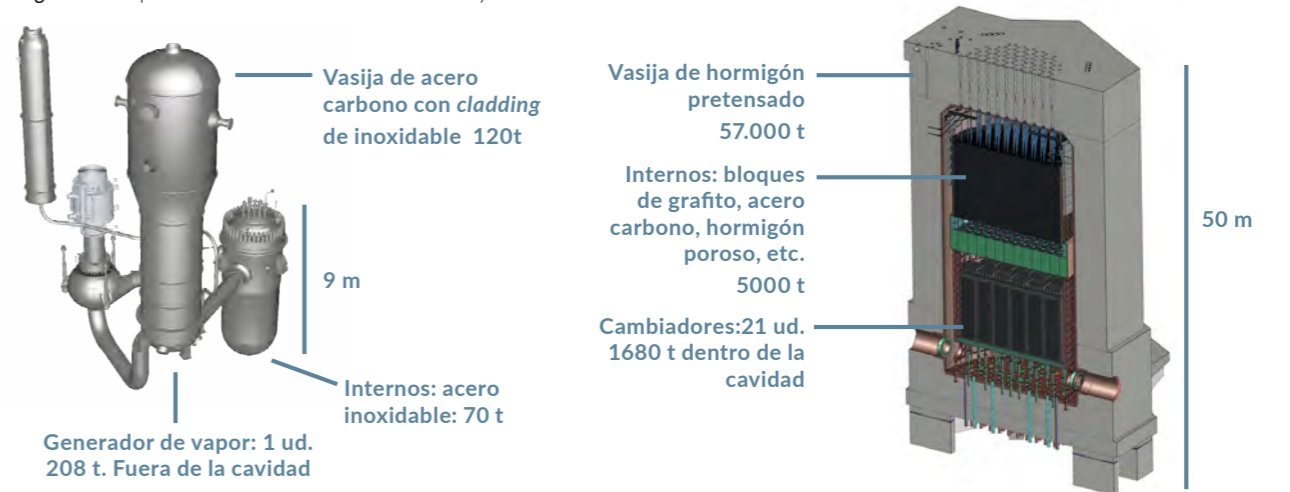
Figura 2. Construcción del apilamiento de grafito del reactor y canales del reactor de Vandellós I.

Figura 3. Interior actual del reactor de Vandellós I.



La siguiente figura muestra una comparación entre el reactor de José Cabrera y Vandellós I.

Figura 4. Comparación entre el reactor de José Cabrera y el de Vandellós I.



Como puede observarse, mientras que los grandes equipos y los internos del reactor de José Cabrera representaban unos cientos de toneladas de materiales irradiados, en Vandellós I son miles de toneladas.

Las diferencias de dimensiones y pesos entre los reactores PWR/BWR y Vandellós I tienen implicaciones muy relevantes en su dismantelamiento. No en vano, únicamente tres pequeños reactores de grafito gas han sido totalmente dismantelados.

En los reactores PWR/BWR es una práctica habitual realizar la apertura del reactor y el dismantelamiento de los internos disponiendo de un blindaje de agua. Sin embargo, hay un consenso generalizado sobre la inviabilidad de la aplicación de dicha estrategia en los reactores del tipo de Vandellós I, por necesitarse para ello la inundación del interior del cajón. La estrategia comúnmente adoptada para dismantelar los internos, en ese caso, es el llamado escenario "en seco".

Los condicionantes radiológicos son también muy diferentes, puesto que al no existir el blindaje de agua se incrementarán las dosis operacionales durante el desmantelamiento. Cuando se abra la losa superior del cajón, las tasas de dosis dificultarán la presencia de trabajadores en sus proximidades, por lo que todas las actividades de desmontaje deberán realizarse desde plataformas de trabajo localizadas en la parte superior del cajón, y con equipos operados de forma totalmente remota.

Este tipo de sistemas de desmantelamiento presentan una complejidad elevada, y en los proyectos colaborativos internacionales se está trabajando en su desarrollo, utilizando simuladores físicos y digitales.

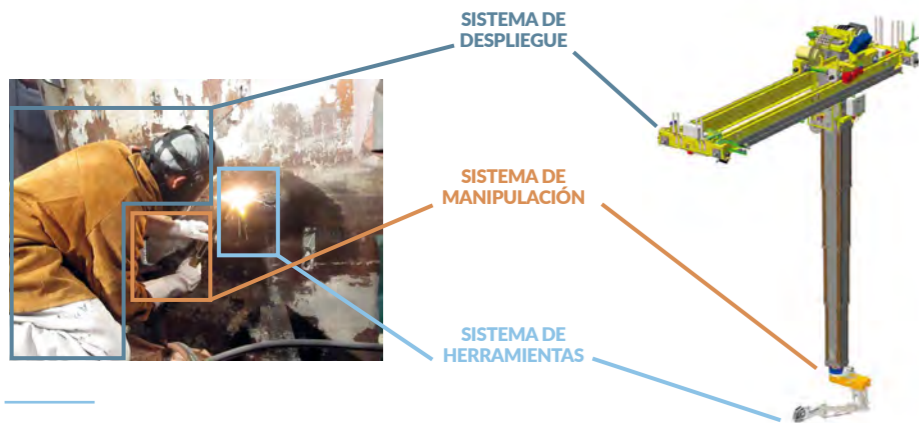
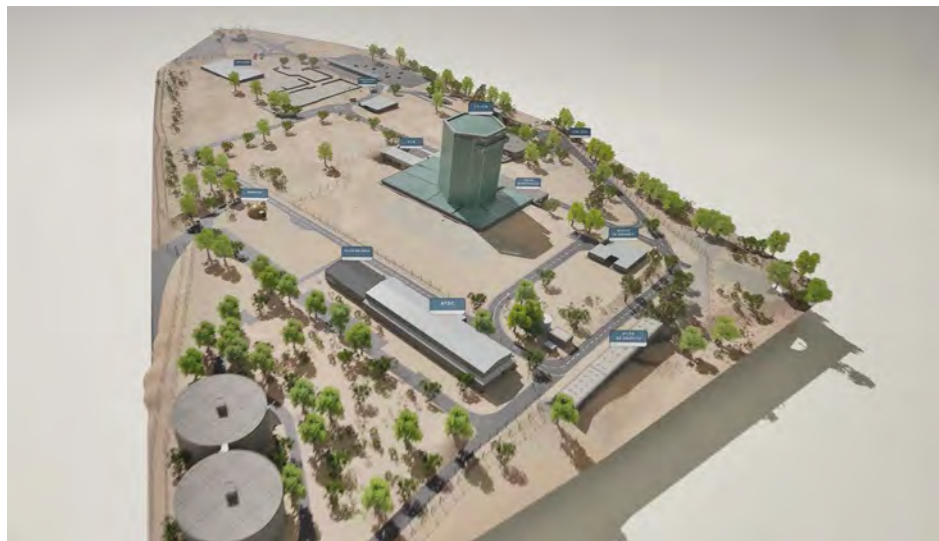


Figura 5. Dos ejemplos de sistemas de desmantelamiento.

Figura 6. Vista del modelo BIM inicial de Vandellós I.



Otra variable del proyecto, no menos importante, viene marcada por la gestión del grafito irradiado, para el que España está explorando varias vías de gestión.

Estos son solo algunos de los condicionantes de este proyecto de desmantelamiento que lo convierten en un caso singular, y bastante diferente al de los demás proyectos que Enresa está acometiendo.

Un desmantelamiento digital

En el año 2017 se preparó un plan básico de desmantelamiento, en el que se desarrollaba el desmantelamiento en seco del cajón del reactor de Vandellós I. Tomando como punto de partida este plan básico y

teniendo en cuenta la experiencia internacional y la estrategia que se implante para la gestión del grafito irradiado, antes de 2028 se debe completar la ingeniería de diseño y elaborar un borrador de la documentación necesaria para su licenciamiento.

Los modelos BIM (*Building Information Modelling*) han dejado de ser una tecnología emergente en los proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares y han pasado a ser una herramienta de trabajo valiosísima para su diseño, planificación y ejecución. Los desmantelamientos tienen que ser seguros y no hay margen de error. Cuanto más complicado sea un proyecto, más digital deberá ser.

Desde el primer modelo digital con prestaciones similares a BIM que se elaboró en 2004 para el desmantelamiento de José Cabrera al modelo BIM desarrollado para Garoña, las técnicas de diseño digital han evolucionado en gran manera, ofreciendo posibilidades que antes solo se vislumbraban.

En el proyecto de desmantelamiento Vandellós I se está apostando fuerte por la digitalización, y una de las primeras

tareas ha sido crear un modelo BIM de la instalación. Este modelo es un elemento de diseño “vivo” durante todo el proyecto e integrará en un futuro el modelo BIM del almacén temporal que se construirá para albergar los residuos vitrificados procedentes del reprocesado de los elementos combustibles de Vandellós I.

La información de partida para el modelo ha sido la documentación gráfica existente formada principalmente por planos y diagramas de flujo, un modelo 3D del cajón del reactor realizado a partir de documentación de Hifrensa, y fotografías que han proporcionado detalles de locales y áreas exteriores.



Figura 7. Antigua estación de bombeo.



El modelo BIM ha permitido integrar toda la información disponible, no solo física sino también radiológica procedente de las campañas de caracterización radiológica realizadas en los últimos 20 años. Estos datos que se encontraban dispersos ahora están solo a un “click” de cualquier persona que utilice el modelo.

En el futuro se irá realimentando con los datos proporcionados por las nuevas campañas de caracterización que permitirán establecer el estado radiológico de la instalación y su emplazamiento.

Esto es solo el principio, además de ser la base para determinar el inventario físico y radiológico que se gestionará durante el desmantelamiento, también contribuirá a mejorar el conocimiento de los aspectos

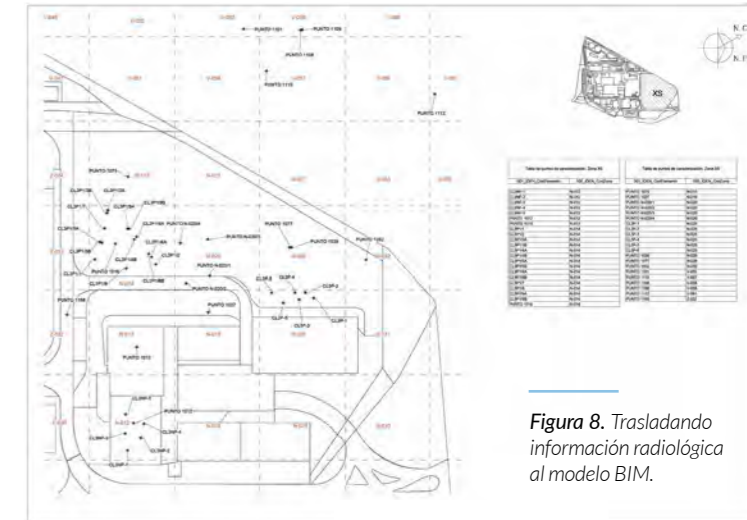
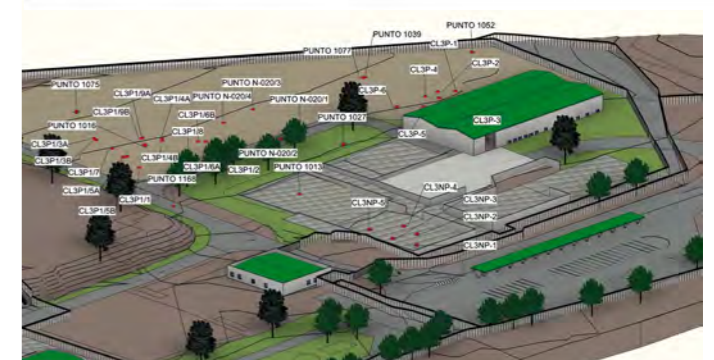


Figura 8. Trasladando información radiológica al modelo BIM.



tos civiles, mecánicos y eléctricos de la instalación, asegurando que los datos con los que se trabaja son coherentes y están actualizados.

Solo de este modo se puede evaluar con confianza los riesgos del proyecto, gracias a la creación y el análisis de diferentes escenarios de desmantelamiento, simulando, por ejemplo, como llevar a cabo el desmontaje de las miles de toneladas de componentes irradiados del interior del reactor o la demolición del propio cajón. Esto redundará en una mejora de la calidad y de la seguridad radiológica y convencional del proceso mismo de desmantelamiento.

En el nuevo paradigma digital en el que nos encontramos, no cabe duda de que la digitalización va a jugar un papel muy importante en el diseño, planificación y ejecución del proyecto.

Tampoco hay que olvidar la información y la divulgación como uno de los compromisos de Enresa con la sociedad. Este modelo facilitará la explicación del proyecto a cualquier persona interesada, tanto si se trata de un técnico especialista como de una persona del público en general. ■



OLIVARES VIVOS

Una nueva filosofía de relacionarse con la **Tierra**

Finca Retamar. Guareña, Extremadura. Proyecto LIFE Olivares Vivos+

A comienzos de este siglo, la sensación en los campos de olivos de Jaén era como si alguien hubiera presionado un gran interruptor para cancelar el sonido de la naturaleza, y se hubiera hecho el silencio. Algo no iba bien cuando el poema de Antonio Machado, “Sobre el olivar, se vio a la lechuza volar y volar”, hacía años que había dejado de visualizarse. Y la gente lo intuía. Entre otros, tres amigos que desde niños habían conocido la algarabía de sonidos naturales, fauna y flora ligados a los bosques de olivos. “Hay que hacer algo por el olivar” se repetían cuando volvían a reunirse cada Navidad en Jaén ciudad.

TEXTO: CATY ARÉVALO. FOTOS: SEO / BIRDLIFE; LIFE OLIVARES VIVOS; MARI FÉ BRUQUE



yecto europeo LIFE Olivares Vivos, promovido por [SEO/BirdLife](#), con los centros de investigación a los que pertenecen Rey y Varela y la Diputación de Jaén como socios.

Refugio de biodiversidad

“Pensábamos que el olivar seguía siendo un refugio para la biodiversidad y que poseía un gran potencial para recuperar lo que las malas prácticas agrícolas le habían hecho perder”, explica Gutiérrez.

Pedro Rey, catedrático de la Universidad de Jaén. José Eugenio Gutiérrez, director del proyecto Olivares Vivos y delegado de Andalucía de SEO/BirdLife y Francisco Valera, investigador del CSIC.

Los amigos son José Eugenio Gutiérrez, delegado en Andalucía de la organización ecologista más veterana de España, SEO/BirdLife; Pedro Rey, catedrático de Ecología de la Universidad de Jaén; y Francisco Valera, investigador experto en zonas áridas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Y de sus anhelos y

preocupación emergió el germen de un nuevo modelo de agricultura con sentido común en el que la biodiversidad es la principal aliada de la rentabilidad del cultivo del olivar.

La primera semilla de lo que hoy constituye una nueva filosofía de relacionarse con el campo nace a través del pro-

[Olivares Vivos](#) se puso en marcha en 2015 con el objetivo de elaborar un diagnóstico preciso de ‘la primavera silenciosa’ que assolaba el olivar y de desarrollar un modelo, basado en la ciencia, para salvar la economía de este cultivo y su fauna y flora asociadas.

El proyecto seleccionó 20 fincas demostrativas, con un total de 3.000 hectáreas, en las que ejecutar actuaciones de restauración: unas más pequeñas otras más grandes, mejor y peor conservadas, como la propia realidad de este cultivo en Andalucía. En cada una de ellas, se llevó a cabo un es-



Mari Fé Bruque, olivera en su finca a las afueras de Linares (Jaén), participante en el proyecto LIFE Olivares Vivos.

tudio de partida para evaluar la riqueza biológica, con datos como por ejemplo cuántas aves, hormigas, polinizadores o especies de plantas se contabilizan en la finca.

¿Fue complicado sumar a los agricultores al proyecto? “No demasiado. Notamos que había ganas de cambio, que ellos tenían la sensación de que algo no estaban haciendo bien”, confiesa José Eugenio Gutiérrez.

Los años de monocultivo, intensivismo agrícola y productividad a toda costa arrasaron el concepto de olivar como refugio de biodiversidad e hicieron desaparecer de las fincas las cubiertas vegetales, arbustos, sotobosques, charcas y todo aquello que no fuera olivo. Los herbicidas hicieron el resto. El resultado visual es la imagen con la que se encontró, hace una década, al volver a su Linares natal Mari Fé Bruque, una ingeniera que decidió volverse al campo tras un ERE en la empresa en la que trabajaba.

“El olivar estaba irreconocible, destrozado, lleno de escorrentías, de ba-

rancos, sin cubierta vegetal, ni rastro de biodiversidad”, explica. Su padre acababa de fallecer y decidió hacerse cargo de una de las fincas que había heredado: “Me dije, si esto va a ser mío no va a estar así. Empecé a buscar a gente que me ayudara a hacer el cambio y así llegué hasta el proyecto Olivares Vivos”, recuerda Bruque.

Manos a la tierra

¿Qué actuaciones concretas propone Olivares Vivos a propietarios como Mari Fé Bruque para recuperar la biodiversidad de su olivar y hacerlo más rentable? Básicamente practicar una agricultura con sentido común en tres ámbitos: mantener las cubiertas herbáceas, si hay que hacer desbroce siempre mejor con métodos mecánicos que con pesticidas. Proponen restaurar ambientalmente las zonas del olivar donde no hay olivos pero que son vitales como ‘hogar’ de la biodiversidad asociada a este ecosistema: plantar y mantener los bordes de caminos, linderos, arroyos, cárcavas o padrones; así como ayudar a que vuelva la fauna mediante cajas nido, postes posadero, nidales para insectos, o islas flotantes en balsas de riesgo.

Olivares Vivos trata de reconstruir un hogar arrasado por malas prácticas: “La biodiversidad se reconstruye desde el suelo, recuperando la cubierta vegetal autóctona del campo, y una vez hecho esto ya solo queda ‘amueblar’ la casa para hacerla más atractiva a la fauna”, resume Gutiérrez.

Sin biodiversidad no hay rentabilidad

La descripción actual de su finca que hace Bruque, tras cinco años participando en el proyecto, ofrece buena idea de la efectividad de las actuaciones que promueve:



Revegetación de un espacio improductivo con especies autóctonas. Al fondo, poste con caja nido para rapaces. Olivar en Guadix, Granada (Andalucía).

“Pasear por mis olivos hoy es una delicia, hemos plantado toda clase de flores, tomillos, romero, hinojo... Hicimos una charca a la que han vuelto los anfibios y vienen toda clase de pájaros a las cajas nido. Ahora no puedo pasar un día sin ir al campo, es una alegría”.

La ciencia y las pruebas de campo han constatado lo que los tres amigos biólogos intuían cuando soñaban con devolver vida al olivar. Tras tres años de actuaciones, el estudio de las 20 fincas objeto de restauración reveló que habían recuperado entre un 7 y un 12% de las especies perdidas, y que la abundancia de flora y fauna creció, de media, un 40%. “Esperábamos que funcionase, pero nunca pensamos que el resultado se iba a ver tan rápido. A nivel ambiental es impresionante”, reconoce Gutiérrez.

En cifras, los muestreos en España y Portugal han constatado que

el ecosistema del olivar alberga, al menos, 825 especies de plantas, 142 géneros de arañas, 285 tipos de abejas silvestres, 192 especies de aves, y 20 tipos diferentes de murciélagos, entre otros.

“Son cifras muy esperanzadoras, que nos indican que existe margen para la recuperación de este bosque humanizado. Y que, al mismo tiempo sitúan al olivar como el cultivo más importante para la conservación de la flora y fauna mediterránea, de cuyo buen manejo depende el futuro de la biodiversidad”, relata el catedrático de Ecología de la Universidad de Jaén, Pedro Rey.

Vuelta del bosque humanizado de la infancia

Para los agricultores implicados en el proyecto sus ‘nuevos’ olivares han supuesto algo más. A nivel personal han recuperado el campo de su niñez, un bosque del que disfru-

tar y del que sentirse orgullosos, no solo un terreno para explotar. En cuestión de rentabilidad las cifras también hablan por sí solas: “Al tercer año dupliqué la cosecha del segundo, y al cuarto la del tercero”, reconoce Bruque.

“Olivares Vivos es la estrategia más competitiva para el olivar tradicional”, subraya Jaime Lillo, director ejecutivo del [Consejo Oleícola Internacional](#).

El interruptor del sonido ambiente se ha vuelto a ‘encender’ en las fincas de los olivares vivos. “Volver a escuchar el zumbido de los polinizadores cada primavera ha sido increíble”, afirma emocionado el portavoz de SEO/BirdLife. Las lechuzas de Antonio Machado han vuelto a sus olivos. Y también los mochuelos, las águilas reales, los alzacolas, las perdices, los anfibios y tantas otras especies.

Olivares Vivos enciende una llama de esperanza para la conservación de la naturaleza a través del cultivo más estratégico de la cuenca mediterránea, con 5 millones de hectáreas en Europa, 2,6 de ellas en España, al probar que “trabajar a favor de la naturaleza es más rentable que hacerlo en su contra”, incide Rey. La iniciativa demuestra cómo acciones relativamente simples, que no requieren un gran esfuerzo pre-

supuestario, tienen un elevadísimo potencial para recuperar la flora y la fauna; ahorrando además insumos como riegos (las cubiertas vegetales retienen el agua) o herbicidas.

Secanos vivos

Olivares Vivos, concluyó como proyecto LIFE en 2021, atesorando, además la creación de un sello de certificación para el aceite

resultante de fincas que siguen la filosofía del proyecto. Un aceite que atestigua, en base a los criterios científicos del reglamento del sello, que la producción de ese manjar ha contribuido a la recuperación de la biodiversidad. Actualmente hay 40 *marcas de AOVE* con el sello de Olivares Vivos.

¿Y quién quiere olivares moribundos pudiendo tenerlos llenos

de vida y más rentables? Grecia, Italia, Portugal se sumaron ese mismo año 2021 al proyecto LIFE Olivares Vivos+, que se ejecutará hasta 2026 con un presupuesto de 7 millones de euros, y nuevos socios en los citados países.

El proyecto da continuidad al anterior con la finalidad de exportar su modelo agrícola a otros países de la cuenca mediterránea y a otros

cultivos leñosos de la región como el almendro, la vid o los cítricos. En el caso de España, los promotores, entre los que siguen estando los socios iniciales, harán cursos para que los agricultores aprendan a implementar estas prácticas en otras zonas de Andalucía, en Extremadura, Comunidad de Madrid, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y Cataluña. Más allá de nuestras fronteras, los

nuevos ‘modelos’ de olivares vivos estarán en el Alentejo (Portugal), la Toscana y Puglia (Italia), y Mesenia y Creta (Grecia).

“El principal mensaje de este proyecto es que podemos hacer las cosas mucho mejor, apostemos por cultivos vivos y por esta nueva forma de relacionarnos con la Tierra”, concluye el catedrático de Ecología de la Universidad de Jaén. ■



Recogida de la cosecha olivarera en la finca a las afueras de Linares (Jaén) de Mari Fé Bruque. Gorrión moruno posado en un olivo, abeja polinizadora sobre una flor y aves en fincas adscritas al proyecto Olivares Vivos de SEO/Birdlife.



JAVIER CACHO

... ——— EXPERTO POLAR Y ESCRITOR ——— ...

“La recuperación de la capa de ozono es la primera gran victoria medioambiental”

TEXTOS: IGNACIO FERNÁNDEZ BAYO, PERIODISTA CIENTÍFICO

FOTOS: JAVIER CACHO; XURDE MARGARITE Y JOSELURE

Físico, escritor, aventurero, divulgador... Es difícil encajar en un perfil sencillo a Javier Cacho Gómez (Madrid, 1952), a quien el azar convirtió hace 40 años en el experto español en el ozono, un gas poco conocido que enseguida se hizo popular en todo el mundo por la amenaza de su desaparición en la atmósfera. Ello le llevó a la Antártida, el continente más extremo del planeta, que le fascinó y al que ha viajado ya ocho veces, tres de ellas como jefe de la base española Juan Carlos I. La última, el año pasado, para poder pisar la isla que lleva su nombre desde hace un par de años, por decisión del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR, el organismo internacional que gestiona la actividad investigadora allí). Precisamente, Correos acaba de presentar un sello dedicado a la Isla Cacho. Su actividad científica la desarrolló en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), aunque en paralelo se fue convirtiendo en el narrador por excelencia de las hazañas de los aventureros polares: Amundsen, Scott, Shackleton, Nansen e incluso un barco, el Fram, que protagonizó varias de esas aventuras. Aunque ya jubilado, su espíritu aventurero le ha convertido ahora en cazador de fantasmas, ya que intenta filmar, por primera vez, las auroras boreales por dentro, con ayuda de globos-sonda.

“ No fue solo la naturaleza, me impresionó también ver el comportamiento humano en esas circunstancias extremas ”



Sus libros se leen muy bien, casi parecen novelas

Es verdad. Bueno, eso me dice todo el mundo, que es como una novela. No sé, no pretendo novelarlo. Un novelista puede recrear la historia, inventar personajes y cambiar el desenlace, pero yo escribo ensayos divulgativos y tengo que ser fiel a lo que ocurrió, a los hechos y a las palabras que se dijeron, aunque piense “yo hubiese sido más épico en ese momento”.

¿Y no ha sentido la tentación de hacer novela?

Yo no tengo la imaginación necesaria, aunque sí, debo reconocer que he sentido esa tentación. Incluso escribí un relato largo o novela corta, de 100 o 200 páginas. Se la dejé leer a un librero amigo, de esos que leen muchísimo y que me aprecia, que siempre dice que escribo muy bien y valora mi trabajo. Lo leyó y me dijo: “Sigue escribiendo lo tuyo. No experimentes”. Así que no tuve duda.

¿Está preparando nuevos libros?

Sí, en este momento estoy con dos; uno sobre mujeres polares, escarbando en la historia de media docena de mujeres que participaron en antiguas expediciones al Ártico, desde el siglo XIX. No me gusta escribir sobre gente viva; no quiero entrar en ese avispero. Por eso, Pepita Castellví no está; no puede estar todavía, y además es antártica. Y en paralelo, con toda la documentación ya preparada, otro sobre exploradores antárticos olvidados, de esa era heroica que va de finales del XIX hasta que muere Shackelton. No solo fueron a la Antártida él, Scott y Amundsen; también una docena de exploradores más que estuvieron en esos años. Incluso hubo un intento japonés, poco conocido, por llegar al polo en los mismos años que Scott y Amundsen.

Japón tuvo luego importancia, porque fueron los que lanzaron la alarma por la capa de ozono

Efectivamente, fueron los alertaron de que se estaba produciendo una masiva destrucción de ozono de la Antártida. Los británicos, que ya estaban con la mosca detrás de la oreja, inmediatamente lo sacaron. Y los americanos tenían los datos, pero pensaban que estaban mal. Despreciaban los que se salían de ciertos límites y les decían a los becarios que repitieran las mediciones porque las estaban haciendo mal. Luego llegaba el invierno y las cifras se normalizaban y se quedaban conformes.



Para usted el agujero de ozono fue una bendición porque le llevó a la Antártida

Efectivamente. Cambió mi vida.

¿Cómo está actualmente la capa de ozono?

En el año 2022 hubo un informe científico que decía que desde el año 2000 el ozono se estaba recuperando. Con todas las oscilaciones de los fenómenos naturales, pero se estaba recuperando. Y la noticia pasó bastante desapercibida, lo que me dio mucha pena, porque es la constatación de la primera gran victoria medioambiental sobre un peligro de desastre global. De todos modos, en 2022 y 2023, con la erupción del volcán submarino Hunga-Tonga, se alteró la atmósfera y el agujero volvió a crecer. Este año parece que va a ser más pequeño, aunque por razones dinámicas, no porque hayan desaparecido los compuestos de cloro en la atmósfera.

Pero están disminuyendo ¿no?

Sí, siguen disminuyendo. Pero es mejor ser prudente. Hay picos y valles, pero lo importante es la tendencia. Si se altera la atmósfera por algo, como el volcán, o un proceso dinámico, pues se altera, pero las concentraciones de compuestos clorados siguen bajando y, por lo tanto, cada vez habrá menos agujero de ozono, claro.

¿Cómo el experto español en ozono llegó a la Antártida y se enamoró de ese territorio?

Sí. Me impactó esa naturaleza, sin lugar a duda. Es un paisaje que no estás acostumbrado a ver, los glaciares, las masas de hielo...

¿No resulta monótono?

Bueno, a mí no me lo pareció. Pero no fue solo la naturaleza, me impresionó también ver el comportamiento humano en esas circunstancias extremas, donde yo creo que nos damos cuenta de que el entorno es muy complicado, que te puede pasar cualquier cosa en cualquier momento, y también que estás muy solo, lejos de tu familia, tus amigos y de sistemas de protección, y entonces buscas la cercanía de los que están próximos.

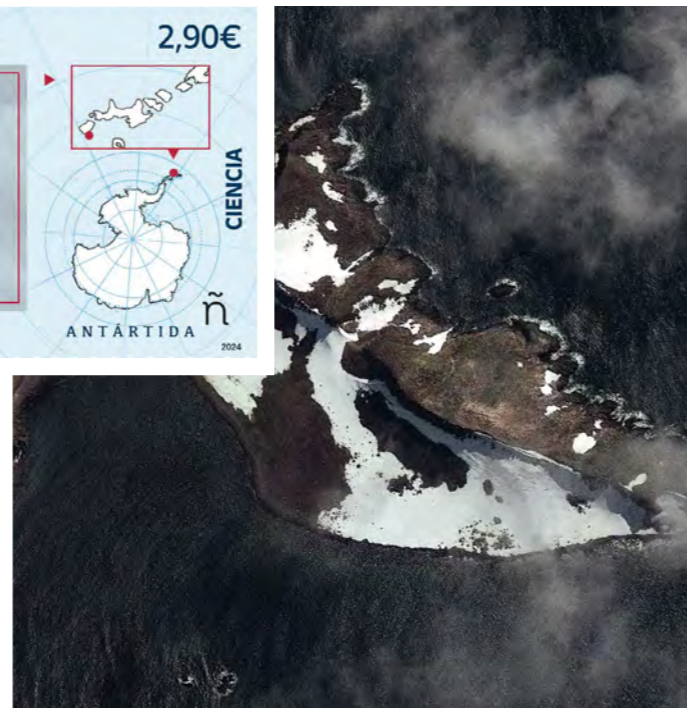
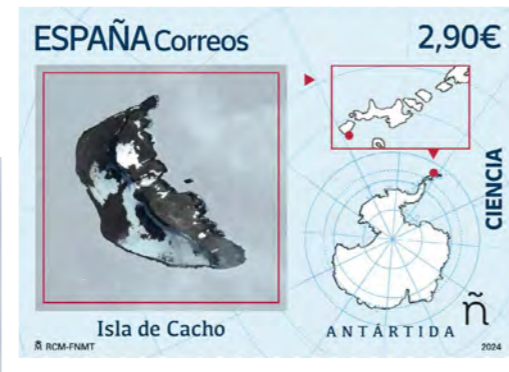
Los compañeros de base, pero también con otras bases

Yo diría que más con otras bases; porque a tus compañeros de base los ves un día tras otro y hay momentos de saturación, claro. Conoces las manías de cada uno y puede haber roces. La Antártida en este tema es muy complicada. Las bases no son balsas de aceite y una gran parte de la labor del jefe de base es de ser el *padre prior*, que está pendiente de cómo está el rebaño: si alguien está nervioso, saber qué le pasa y hablar con él.

Con la base búlgara en concreto siempre ha tenido una intensa relación ¿no?

La base búlgara, está en isla Livingston, muy cerquita de la nuestra, a unos cinco kilómetros, aunque hay un glaciar por medio. Para ir hay que dar un gran rodeo o ir en zodiac, así que no nos vemos todos los días, ni mucho menos. Pero siempre que nos veíamos había buena relación y el encuentro se convertía en una fiesta. Es gente entrañable y cuando iba a su base me sentía más feliz incluso que en la mía, donde tenía que mantener las formas y estar pendiente de todo.

A la derecha, la Isla de Cacho y el sello conmemorativo.



“ Que le den tu nombre a una isla o a cualquier accidente geográfico, es alucinante ”



Ellos son los que propusieron darle su nombre a una isla ¿Por qué lo hicieron?

Porque son agradecidos y entienden también lo que significan estas cosas. Ellos me agradecen que en esos tres años que estuve con ellos, les ayudara en lo posible, ya que sus recursos eran muy limitados, con equipos que ya no usábamos y otras cosas.

¿Qué sintió cuando se enteró de que iba a tener una isla dedicada?

Pues me sentí muy sorprendido, porque no me lo esperaba, y muy emocionado. Que le den tu nombre a una isla o a cualquier accidente geográfico, es alucinante. Había estado ese mes de enero con ellos en la base y todos lo sabían ya, pero no me dijeron nada.

El año pasado pudo visitarla. ¿Qué le pareció?

Fue muy bonito, me emocioné mucho. Íbamos en el barco logístico búlgaro, que tenía que cumplir su programa, llevar y traer científicos, desembarcar material... Y no estaba claro que nos pudieran llevar. Recuerdo estar hablando con el comandante sobre dónde podíamos entrar, dónde había rompientes, dónde no, la batimetría... Pero había que dedicar un día entero y parecía complicado, hasta que tuvimos que ir a la península de Byers, que está muy cerca de la isla Snow, donde está la isla de Cacho, y entonces me dijeron: si terminamos todo, vamos a verla.

Y finalmente lo consiguió

Había que desembarcar mucho material y llegamos con marea baja. Hubo que esperar cuatro horas a que la marea subiese para hacerlo. Las horas iban pasando, el desembarco del material no avanzaba y empezaba a anochecer. Yo pensaba que ya no habría tiempo y subí al puente de mando, donde estaba el comandante. Debía tener tal cara de tristeza que antes de decir nada me dijeron: Javier, *we keep our promise*. Yo no pude hacer más que darle la mano. Terminaron su tarea y fuimos hacia la isla. Estaba anocheciendo, pero allí los atardeceres son muy largos.

¿Cuánto tiempo estuvo en la isla?

Un par de horas. Al llegar había que buscar un sitio adecuado para desembarcar y fue complicado, dos veces dio la hélice contra las rocas, pero por fin se bajó un marinero para sujetar la barca con el agua a la cintura y me cedió el honor de ser el primero en pisar la isla.

¿Qué hizo en ese rato? ¿Puso un cartel con el nombre?

No, no puse un cartel. Les pedí a mis compañeros que me dejaran un minuto solo, entonces me alejé un poquito y estuve rindiendo homenaje a todas las personas que habían sido importantes en mi vida. Había llevado recortadas fotos con las caras de esas 10 o

12 personas, las coloqué bajo una piedra y ahí se quedaron. Eso contraviene el tratado antártico, porque dejé restos, pero como es celulosa creo que desaparecerá en poco tiempo y espero que no me quiten la isla por ello.

¿Se necesita espíritu aventurero para soportar las duras condiciones antárticas?

Sabes que hay riesgos, pero los asumes. Yo no me siento explorador ni tampoco aventurero. Llegué a esa tierra forzado por mi trabajo y como me sentí bien allí, pues he querido seguir.

¿La capa de ozono se recupera, pero hay otras amenazas sobre la Antártida ¿cuáles son las principales, el turismo, el cambio climático...?

El turismo se sigue disparando, aunque creo que está bastante controlado, que los buques cumplen los requisitos, limitando las zonas de acceso y los tiempos, pero cada vez hay más barcos que van a una parte pequeña de la Antártida y solo en tres meses del año, por lo que la densidad aumenta.

Yo creo que el gran problema actual es que están llegando especies de fuera, no siempre por culpa de los turistas. La gripe aviar ha llegado allí y está afectando también a mamíferos. El año pasado y el anterior se han encontrado grandes colonias de elefantes marinos y de crías de foca muertas.

¿Empieza a ser demasiado accesible?

Sigue habiendo 15.000 km de distancia, pero ahora está más cerca. Mucha más gente puede ir y con mayor comodidad. Ahora tienes *wifi* y puedes estar conectado continuamente, cuando hace 30 años tenías 10 minutos a la semana para hablar con la familia.

¿Es optimista sobre el futuro de la Antártida?

Yo soy optimista. Porque además la Antártida siempre nos sorprende. El Tratado Antártico surgió en plena Guerra Fría, en un momento de mucha tensión y se pudo acordar que allí no hubiese armas ni bases militares. Es un territorio sin fronteras y abierto a todos los científicos. Y en 1991 el Protocolo de Madrid consiguió una moratoria de 50 años para la explotación de recursos, que solo se revocará si se aprueba por unanimidad. Así que sí, quiero ser optimista, porque yo creo que a veces nos sorprendemos a nosotros mismos.

Into the Aurora

Aunque jubilado, sigue afrontando nuevos proyectos, como el de ver auroras boreales por dentro. ¿En qué consiste?

Las auroras boreales son un espectáculo incommensurable de la naturaleza, que este año incluso se ha podido ver en España. El proyecto se llama *Into the Aurora*. Lo pusieron en marcha dos amigos, uno director de cine y otro del mundo de los globos aerostáticos y me llamaron como experto en zonas polares. La idea es lanzar globos que asciendan hasta 30 km de altura, donde evitas el vapor de agua y la contaminación lumínica, y grabar la aurora por dentro. Es algo que no se ha hecho nunca.



Javier Cacho preparando uno de los lanzamientos del proyecto.

El primer intento fue un fracaso. ¿Por qué?

Yo les dije que el lugar adecuado es el norte de Finlandia, desde el centro de un lago helado de 100 km de largo y 30 de ancho para poder recuperarlo. No me hicieron caso y prefirieron lanzarlo desde el borde del lago y se desvió hacia una zona boscosa, donde es imposible encontrarlo, porque enseguida se

cubre de mucha nieve. Así que no pudimos recuperar la cámara.

Y este año han hecho el segundo intento. ¿Lo han conseguido?

Pues tampoco hemos ido demasiado bien, porque el primer globo se acercó mucho a la frontera rusa, donde los rusos interfieren el GPS y al perder la posición, no sabemos dónde estaba. Al segundo globo le pasó algo parecido, pero se ha logrado recuperar. Lo encontraron unos geólogos y como llevaba un mensaje con datos de contacto recibimos un correo. Ahora estamos esperando que vuelvan a la zona, donde lo guardaron y nos lo envíen.

Es, sobre todo, un proyecto divulgativo, ¿no?

Sí, lo que pretendemos es contar cómo se trabaja en esas zonas, explicar qué son las auroras y acercar a la gente el trabajo de los científicos y lo difícil que es filmar las auroras. Eso es lo que pretendemos, y también, claro, pasarlo bien.



UN VIAJE A LA Alcarria

“Sí, la Alcarria. Debe ser un buen sitio para andar, un buen país”, citando a Camilo José Cela en una de las primeras frases del libro que dedica a esta comarca comenzamos nuestro camino por una pequeña parte de esta región. Aquella donde la producción de energía a través de tecnología nuclear nació y donde, previsiblemente, pondrá fin en nuestro país. Una historia de más de 50 años en los que Enresa también ha estado presente a través del impulso que ha otorgado al entorno de estas instalaciones a través de la cofinanciación de proyectos apoyando el desarrollo local.

TEXTO Y FOTOS: JAVIER BOLLIT ROCHER

La central nuclear de José Cabrera fue la primera instalación de este tipo que entró en operación comercial cuando corría el año 1968. Tras 38 años en funcionamiento puso fin a su operación en 2006 y actualmente, tras acometer Enresa su desmantelamiento completo, se encuentra dentro del Plan de Restauración Ambiental. En el otro extremo se encuentra la central nuclear de Trillo, la última que entró en operación -en el año 1988- y la última que dejará de operar y afrontará su desmantelamiento según el recién aprobado 7º Plan General de Residuos Radiactivos.

En sus entornos, Enresa ha gestionado desde 2016 casi medio centenar de iniciati-

vas en las que ha invertido más de 2 millones de euros con un impacto positivo en una población cercana a los 7.000 habitantes. Proyectos enfocados en impulsar el desarrollo local más allá de la propia actividad de las centrales, generar economías alternativas para crear empleo, frenar la despoblación en este tipo de entornos rurales, recuperar la riqueza patrimonial y proteger el me-

dio ambiente para las futuras generaciones.

Siluetas de la antigua cúpula de la central nuclear José Cabrera.



A la izquierda, el emplazamiento de la central nuclear José Cabrera. A la derecha, la central nuclear de Trillo, aún en funcionamiento.

Enresa y su colaboración con los municipios del entorno de instalaciones nucleares

Al amparo de la Orden Ministerial IET/458/2015, modificada en 2023 por la Orden TED/295/2023, por la que se regulan las asignaciones a municipios del entorno de las instalaciones nucleares provenientes del Plan General de Residuos Radiactivos, Enresa contribuye al desarrollo de estos municipios. Sin ir más lejos, en 2023 se apoyaron 57 proyectos de iniciativa local que permitirán dibujar nuevas realidades económicas con una inversión máxima de 2,8 millones de euros en 43 ayuntamientos de todo el país.

Los municipios del entorno de la central nuclear José Cabrera son una de las zonas de aplicación de estas ayudas. Muy cerca de la central, en el municipio de Yebra, comenzamos nuestro viaje con una

visita a Juan Pedro Sánchez, que compagina su labor como alcalde de la localidad con la presidencia de la Asociación Española de

Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC) y con el que hablamos sobre la relación histórica de estos municipios con Enresa.

Juan Pedro Sánchez Yebra, alcalde de Yebra y presidente de AMAC.



“AMAC es una asociación a la que pertenecen aquellos municipios que se encuentran dentro del área 1 de las centrales nucleares y los almacenes con residuos, como es el caso del entorno del Centro de Almacenamiento de El Cabril”, apunta el presidente de la entidad. Actualmente, 60 municipios de los entornos de Ascó, Vandellós, Cofrentes, Garoña, José Cabrera, Trillo y El Cabril forman parte de este colectivo, que agrupa a más del 90% de los pueblos de los entornos de las instalaciones.

La seguridad, la información, la transparencia y el desarrollo económico son los objetivos fundamentales de la asociación. De hecho, uno de los principales retos en los que se ha trabajado en los últimos años ha sido una modificación de la Orden Ministerial que contempla el desarrollo de estas zonas a través de proyectos cofinanciados por Enresa. “Las asignaciones que recibimos son muy importantes, especialmente para los municipios más pequeños. Esta Orden de 2015, modificada en 2023, nos permite desarrollar proyectos que, en algunos casos, son más ambiciosos, permitiéndonos crear puestos de trabajo o estabilizar a nuestra población”, asegura Sánchez.

Destaca la visión “positiva” que se tiene del proceso de desmantelamiento que Enresa ha llevado a cabo en José Cabrera, especialmente entre el público más interesado en la materia, y propone para futuros proyectos “dar información del proyecto con la mayor antelación posible” para facilitar la reconversión de trabajadores de la zona a las nuevas necesidades técnicas que se requieren en un proceso de desmantelamiento, que difieren a cuando una central está en operación.



Edificio que alberga el Centro de Encuentro Literatura y Arte (CELA).

El entorno de José Cabrera: un paseo por Yebra, Almonacid y Pastrana

Adentrándonos en esta tierra tan narrada por Camilo José Cela encontramos en Yebra una ruta de senderismo y *mountain bike* en la que participó Enresa permitiendo señalar las rutas turísticas, instalar paneles informativos de fauna, flora y mapas panorámicos, así como la adquisición de bicicletas de alquiler, que están a disposición de las personas que quieran realizar la ruta. Un proyecto que dota a la localidad de un atractivo más para atraer a visitantes, “la gente que viene hace una parada aquí y nos permite acercar clientes al comercio local”, apunta el alcalde.

Siguiendo nuestro recorrido llegamos hasta Almonacid de Zorita donde nos encontramos con el Centro de Encuentro Literatura y Arte, más conocido por su acró-

nimo CELA, un proyecto que ensalza la figura del escritor Camilo José Cela. El centro se ubica en la antigua ermita de la Virgen de la Luz, un edificio del siglo XVI que también fue utilizado como molino de aceituna y que, hasta su recuperación, se encontraba en ruinas. A través del proyecto cofinanciado, el espacio se ha transformado en un espacio cultural que cuenta con una planta inferior utilizada como centro de conferencias y exposiciones y una planta superior destinada a la figura de Camilo José Cela. Una oportunidad única para conocer obras de artistas coetáneos al escritor de Iria de Flavia como Miró, Picasso, Zabaleta, el grupo El Paso o Rafael Alberti que han sido cedidas por la Fundación Charo y Camilo José Cela.

El proyecto consistió en la rehabilitación del edificio, uno de los más emblemáticos del municipio, dotándolo de instalación eléctrica y



Vista del interior del espacio con obras de arte y objetos del autor. José Miguel López, alcalde de Almonacid de Zorita, a las puertas del Espacio CELA.

Iglesia y museo del traje de Pastrana que albergará el centro de información turística.



climatización, así como de nuevas puertas y ventanas que mejoraron su eficiencia energética. También se instaló un ascensor, para hacerlo accesible, un sistema de sonido, un sistema de seguridad y se adquirió material expositivo.

“Este proyecto nos ha posicionado en el mapa, tenemos muchos visitantes que vienen *ex profeso* a ver este edificio y todo lo que nos han proporcionado desde la Fundación”, nos explica José Miguel López, alcalde de Almonacid de Zorita. El centro está abierto a recibir visitantes los fines de semana y, bajo demanda, se abre también durante la semana. “Hemos podido llevar a cabo muchas obras dentro del municipio gracias a la colaboración con Enresa, que nos han permitido consolidar nuestro patrimonio y ayudar a activarnos económicamente”, apunta López. Y es que Enresa también participó en la rehabilitación integral de la plaza donde se sitúa el ayuntamiento y colaboró con la construcción de un parque de aventura.

Pastrana, situada al sur de la provincia de Guadalajara, es uno de los focos de interés turístico del entorno de la central nuclear José Cabrera gracias a enclaves como la Plaza de la Hora, su Palacio Ducal -donde Felipe II encerró a la princesa de Éboli durante once años hasta su muerte-, o el convento de San Francisco. En este último, el Ayuntamiento de Pastrana puso en marcha un proyecto cofinanciado para adaptar la nave de la iglesia a centro de turismo y recepción de visitantes. El espacio rehabilitado se utiliza actualmente como museo de trajes que se utilizan en el Festival Ducal, además de albergar actos culturales como exposiciones y conciertos, hasta que el centro de turismo se traslade aquí desde el Palacio Ducal.

El entorno de Trillo, una oportunidad de conectar con la naturaleza

Continuamos nuestro pequeño viaje por la Alcarria acercándonos al entorno de la central nuclear de Trillo y visitando Henche, un pequeño pueblo de menos de 100 habitantes con mucho encanto. Allí, para dinamizar la actividad cultural y el atractivo turístico de la zona, se puso en marcha el Museo del Vino que, a través de un proyecto de cofinanciación con Enresa, reacondicionó un inmueble de tres plantas infrautilizado para transformarlo en un recurso más de promoción del turismo enológico en la zona. “En esta bodega-museo se puede conocer el proceso de cómo se elabora el vino desde la recogida de la uva”, nos explica Ángel Cuesta, alcalde de la localidad. Sin duda, la joya de este museo se encuentra en su planta baja, en la que se puede visitar una cueva donde se maduraba y conservaba el vino.

Otra de las visitas obligadas dentro de esta ruta que estamos dibujando por la Alcarria es Trillo, una de las localidades más importantes de la región tanto por actividad económica como por atractivo turístico. El agua es una de las señas de identidad de esta localidad, regalando a sus habitantes y visitantes rincones dignos de apreciar como son las cascadas del río Cifuentes en su desembocadura en el río Tajo o el Balneario de Trillo, antiguamente conocido como Balneario Carlos III.

El balneario ha sido uno de los proyectos que ha contado con la cofinanciación de Enresa, participando en la corrección de deficiencias constructivas, así como en la modernización y creación de nuevas infraestructuras destinadas a la mejora de la eficiencia energética de la instalación. Jorge Peña, alcalde de Trillo, destaca que “gracias a la colaboración con Enresa se han podido llevar a cabo mejoras en la

zona de baño y su maquinaria asociada, los termos de agua caliente para las habitaciones y la aerotermia del edificio”, entre otras cuestiones, lo que ha permitido continuar con el funcionamiento normal del centro y no afectar los puestos de trabajo que dependen de su actividad.

El balneario, situado en una de las orillas de un meandro del Tajo, cuenta con un entorno en el que la naturaleza es la gran protagonista y está muy cerca del Complejo Rural de El Colvillo, conectado por una pasarela peatonal que fue otro de los proyectos cofinanciados por Enresa en el municipio.

“La recuperación de la pasarela fue una obra bastante importante para el pueblo ya que nos permitió unir el balneario con el camping y las casas rurales que tenemos en El Colvillo”, apunta el alcalde.

Cueva de conservación y maduración del vino y exterior del edificio de la bodega-museo.





Pasarela sobre el Tajo de Trillo.



Javier del Río, Alcalde de Pareja, en el hotel Balcón de la Vega.

El proyecto consistió en reparar la pasarela que unía ambas orillas del Tajo “mantuvimos la parte antigua, utilizando los pilares que sostenían el puente anterior e instalamos una plataforma metálica encima para que trabajadores y clientes puedan disfrutar mejor del entorno”.

Para Jorge Peña la colaboración con Enresa permite invertir en proyectos de este tipo que son “muy bonitos y, a la vez, muy necesarios para el pueblo”, además de continuar mejorando sus servicios para el disfrute de los habitantes de Trillo, su entorno y visitantes de otras partes de España.

Aunque podríamos continuar visitando diferentes puntos muy interesantes de La Alcarria como Budía, Valdeconcha, Almuquera o Illana, la última parada se la dedicamos a Pareja, un enclave situado junto al embalse de Entrepeñas

que cuenta con unas vistas privilegiadas del entorno. Situado en el casco histórico del municipio, muy cerca de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, encontramos el Hotel Balcón de la Vega, un proyecto en el que ha colaborado Enresa que ha permitido a Pareja contar con una dotación turística de la que carecía, muy necesaria para el desarrollo económico de la localidad.

“El hotel es un proyecto que hemos hecho con mucho cariño desde el Ayuntamiento de Pareja y que hubiera sido muy complicado sacar adelante sin la colaboración de Enresa”, apunta Javier del Río, alcalde de Pareja. Este establecimiento, abierto al público desde hace unos años, cuenta con ocho habitaciones y un restaurante gestionado por una empresa familiar que tiene cuatro trabajadores, dando servicio de comida y alojamiento. “Necesitábamos una

infraestructura que diera un servicio de calidad, no solamente a la gente del pueblo, sino a todos los que vienen a visitar los encantos naturales y patrimoniales que tiene Pareja”, destaca Javier.

En este caso, como ocurre con muchos de los otros proyectos que cofinancia Enresa en los entornos de centrales y almacenes nucleares, la gestión de la nueva infraestructura recae en una empresa de fuera del pueblo. “Se trata de una empresa que se ha instalado en Pareja con sus familias, un hecho que de por sí es muy positivo en un entorno en el que principalmente necesitamos que haya gente en nuestros pueblos”, subraya el alcalde. Y es que la vocación de servicio público esencial de Enresa también se plasma en esta contribución activa al desarrollo económico y social de los municipios de las zonas de influencia de las instalaciones nucleares. ■

El camino a FORSMARK

LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO EN SUECIA

Serie “Criterios de selección de emplazamiento para el AGP en Europa”

Continuando con nuestra serie sobre los criterios de selección de emplazamientos para el AGP en países de nuestro entorno, en esta edición abordamos el caso de Suecia, tras haber analizado en números anteriores los ejemplos de Finlandia y Francia.

Buque de transporte de SKB Sigrid.

AGP EN SUECIA

TEXTO: NURIA PRIETO SERRANO
DEPARTAMENTO DE COORDINACIÓN INTERNACIONAL E I+D, DIRECCIÓN TÉCNICA, ENRESA

FOTOS: SKB / LASSE MODIN

El 26 de octubre de 2024, la Agencia sueca de gestión de residuos radiactivos, SKB, obtuvo el permiso ambiental del Tribunal de Tierras y Medio Ambiente para la construcción y operación de su Almacén Geológico Profundo (AGP) y planta de encapsulado. Para cumplir con algunas de las condiciones impuestas por el tribunal ambiental, SKB ha incorporado en su propuesta medidas como el traslado de especies protegidas para preservar sus hábitats o consideraciones particulares sobre la anidación de las aves en el entorno.

La situación actual

El sistema sueco de almacenamiento final para combustible gastado, llamado "sistema KBS-3", se basa en dos proyectos: uno es la propia construcción del AGP, y el otro es la construcción y operación de una planta de encapsulado de combustible. Mientras que el AGP se va a construir en Forsmark, en el término municipal de Östhammar, la planta de encapsulado se construirá a unos 470 kilómetros de allí, en el municipio de Oskarshamn.

Tanto la planta de encapsulado como el repositorio están sometidos a una licencia común, habiendo recibido la aprobación por parte del gobierno sueco en enero de 2022. En el marco legislativo sueco, las instalaciones nucleares deben primero conseguir este permiso gubernamental que incorpora las opiniones favorables del Tribunal Medioambiental y del regulador nuclear SSM; y en un momento posterior el Tribunal Medioambiental debe establecer una licencia específica con condiciones para la construcción. Esto es lo que ha ocurrido el pasado 26 de octubre. El único requisito que falta para que SKB pueda iniciar las excavaciones es un informe de análisis de seguridad aprobado por el regulador nuclear SSM. En otras palabras: Suecia se encuentra a un paso de comenzar la construcción de su AGP.

La construcción del AGP en Forsmark comenzará dos años antes que la planta de encapsulado en Oskarshamn, ya que ambas instalaciones tienen tiempos de construcción distintos. Se espera que ambas

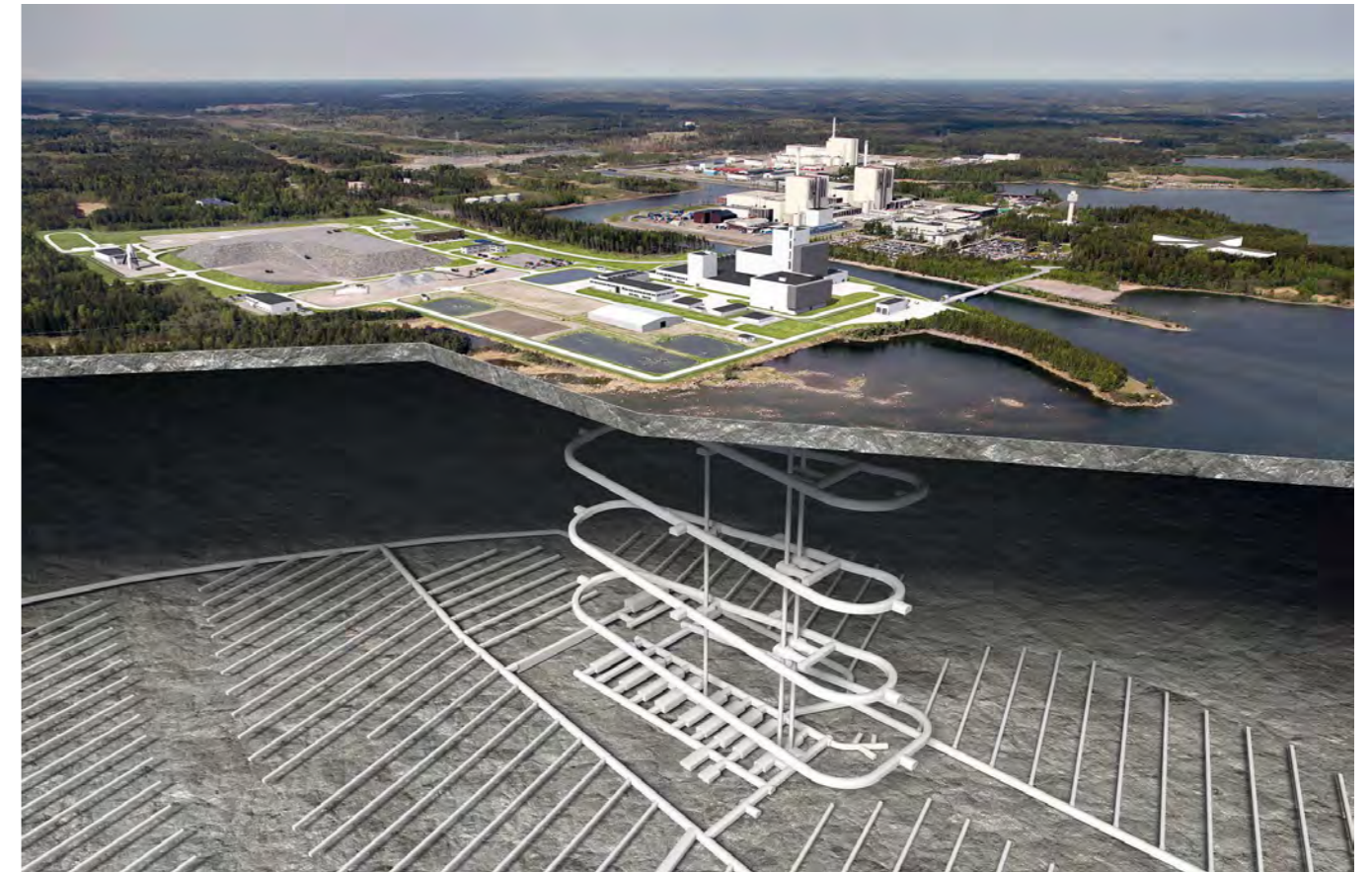
instalaciones estén listas para su puesta en funcionamiento a mediados de la década de 2030 y el cierre y desmantelamiento del repositorio ocuparía toda la década de 2080.

Cuando el AGP esté completamente operativo, se espera que cuente con cerca de 60 km de túneles y capacidad para más de 6.000 contenedores de combustible gastado.

Hitos en este proceso

El camino al AGP en Forsmark comenzó a principios de la década de 1980, hace 44 años, cuando SKB lanzó un programa de investigación geocientífica en todo el país. Las perforaciones y pruebas realizadas dieron lugar a protestas políticas, lo que llevó a su suspensión. En octubre de 1992, SKB envió una carta a los 286 municipios del país presentando el proyecto de desarrollo de un AGP y pidiendo voluntarios para hospedarlo. Solo dos municipios del norte de Suecia, una zona escasamente poblada, expresaron interés en el proyecto. Sin embargo, tras los estudios de viabilidad, los residentes votaron en referendos locales en contra de seguir participando en el proceso, y no surgieron nuevos voluntarios.

SKB cambió entonces su estrategia y se centró en los municipios que ya contaban con experiencia con la industria nuclear. En mayo de 1995, SKB publicó un informe con una descripción general de los municipios nucleares suecos, ofreciendo una primera evaluación de su idoneidad para ubicar un



Fotomontaje de la instalación de almacenamiento de combustible nuclear en Söderviken, Forsmark, por encima y por debajo del suelo, visto desde el sureste. Ampliado. La longitud total del sistema de túneles asciende a poco más de 60 kilómetros. Bajo tierra, el depósito tiene un tamaño de tres a cuatro kilómetros cuadrados. Está situado a una profundidad de 500 metros.

AGP basada en los siguientes criterios: formación geológica, infraestructuras existentes en cada localidad, conocimiento y competencia.

Los municipios identificados como candidatos aptos para realizar estudios de viabilidad fueron Varberg, Östhammar, Nyköping y Oskarshamn. Cuando SKB invitó a estos cuatro municipios a participar en los estudios pertinentes, solo recibió respuestas afirmativas por parte de Östhammar (donde se ubica Forsmark) y Oskarshamn.

Si los estudios de viabilidad iniciales se habían ocupado más de las condiciones de la superficie y la geografía política de los diferentes municipios, las investigaciones que realizó SKB a continuación se centraron en las condiciones de la formación geológica de cada localización. Estas investigaciones tuvieron lugar de 2002 a 2007, y como resultado SKB anunció en 2009 su preferencia por Forsmark para la construcción del repositorio, y por Oskar-

shamn para la construcción de una planta de encapsulado.

En 2011, SKB presentó su solicitud de licencia. Esta solicitud se dirigía a dos autoridades: el Tribunal Medioambiental, competente en las áreas que determina el Código Medioambiental, y SSM, el regulador nuclear sueco, competente en virtud de la Ley de Energía Nuclear. Ambas autoridades remitieron informes favorables al gobierno sueco en 2018. Después de cuatro años de revisiones, en enero de 2022 el Gobierno otorgó su permiso general bajo el Código Medioambiental y su licencia general bajo la Ley de Energía Nuclear. Como se ha explicado, este permiso general se supedita al cumplimiento de algunas condiciones que marcan ambas autoridades. En octubre de 2024, el Tribunal Medioambiental ha impuesto las suyas. A su vez, SSM ha de remitir sus requisitos para otorgar la licencia final a tres hitos: la construcción del repositorio, la operación en fase de pruebas y la operación regular.

Los criterios descritos por SKB en el año 2011

El documento emitido por SKB en 2011 bajo el título *Site selection – siting of the final repository for spent nuclear fuel (R-11-07)* resume la selección del emplazamiento por parte de SKB, justificando las decisiones tomadas. Comprende una descripción del marco legal aplicable y una revisión de las actuaciones realizadas hasta ese momento, tanto a nivel técnico como a nivel de las consultas con los núcleos de población de Forsmark (término municipal de Östhammar) y Simpevarp/Laxemar (Oskarshamn).

En ambas localizaciones se analizan los mismos aspectos: contexto general -cuándo y en qué condiciones se inicia la investigación en estas localizaciones-, descripción del emplazamiento, evaluaciones de seguridad, roca hospedante, diseño del repositorio, planificación física, intereses nacionales y áreas protegidas, infraestructuras de acceso, entorno natural y cultural y consecuencias medioambientales.

Como indica la **Figura 1**, los factores se dividen en cuatro grupos: "Características del emplazamiento relacionadas con la seguridad", "Tecnología para la ejecu-



Mapeo de nichos en el laboratorio de Äspö.

FIGURA 1: FACTORES QUE HAN SERVIDO COMO BASE PARA COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL EMPLAZAMIENTO, POSIBILITANDO LA SELECCIÓN DEL MISMO EN SUECIA.

CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

- Composición y estructura del macizo rocoso
- Escenarios climáticos futuros
- Condiciones mecánicas de la roca
- Flujo de agua subterránea
- Composición del agua subterránea
- Transporte de solutos
- Condiciones de la Biosfera
- Comprensión del emplazamiento

TECNOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN

- Flexibilidad
- Riesgos técnicos
- Necesidades de desarrollos técnicos
- Funcionalidad, aspectos operacionales
- Sinergias
- Costes

SALUD Y MEDIO AMBIENTE

- Seguridad laboral y protección radiológica
- Medio ambiente
- Ambiente cultural
- Entorno residencial
- Gestión de recursos

RECURSOS SOCIALES

- Suministradores, recursos humanos
- Servicios públicos y privados
- Transporte y comunicaciones

Site selection – siting of the final repository for spent nuclear fuel, R-11-07, SKB, 2011, p. 51.

ción", "Salud y medio ambiente" y "Recursos sociales". El informe explica los puntos de partida y la metodología de SKB para evaluar las alternativas de ubicación con respecto a estos factores, realizando una comparación sistemática entre los emplazamientos.

Por lo que respecta al primer bloque, "Características del emplazamiento relacionadas con la seguridad", se analizan los procesos térmicos, hidráulicos, mecánicos y químicos que actúan en el sistema de repositorio a lo largo del tiempo (impacto interno) y el impacto externo de posibles eventos fuera del repositorio, como por ejemplo el cambio climático, la actividad sísmica o la intrusión humana. Estas características son las siguientes:

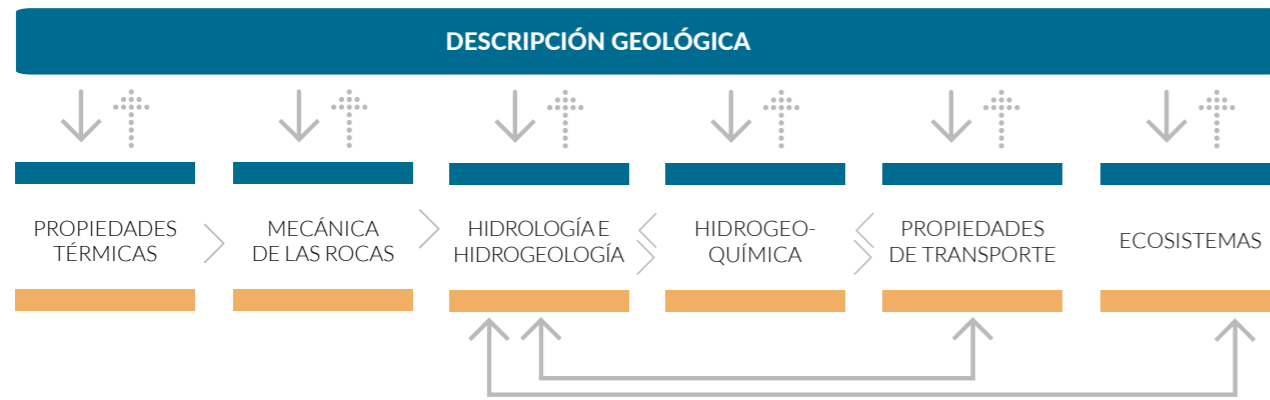
1. La composición y estructura del macizo rocoso, incluyendo aspectos como la distancia a zonas sísmicas, las entradas de agua máximas aceptables en las galerías para evitar la erosión, las posibilidades de excavar túneles sin necesidad de que se cree una zona alterada por la excavación, o la posible presencia de minerales que en el futuro cabría explotar.
2. Evolución climática, ya que las glaciaciones futuras podrían tener un gran impacto en la evolución de la composición del agua subterránea, lo que a su vez podría afectar las funciones de barrera de amortiguación y de la cápsula. Otra cuestión que se analiza es si existe un riesgo de congelación en la profundidad del depósito durante periodos de permafrost extremo.
3. Condiciones mecánicas de la roca, teniendo en cuenta que las cargas presentes y futuras, junto con las propiedades mecánicas de la roca, podrían afectar a la seguridad a largo plazo.

4. Flujo de agua subterránea.
5. Composición del agua subterránea.
6. Transporte de solutos, que hace referencia a la capacidad del emplazamiento para retardar la liberación de radionucleidos si las cápsulas se dañan, lo que depende del flujo de agua subterránea y de la capacidad de la roca para retardar la liberación.
7. Condiciones de la biosfera.
8. Grado de confianza que cabe alcanzar en la comprensión del emplazamiento, sujeto a los datos e investigaciones disponibles del emplazamiento y de la claridad con la que se pueden interpretar estos datos.

Para el emplazamiento seleccionado, Forsmark, SKB realizó una evaluación de seguridad general, denominada "Seguridad a largo plazo del almacenamiento final de combustible gastado en Forsmark", que fue acompañada de un análisis comparativo de las características del emplazamiento relacionadas con la seguridad.

El documento titulado "Seguridad a largo plazo para el almacenamiento final de combustible gastado en Forsmark" plasma en la **Figura 2** los datos de campo interpretados y evaluados en un modelo interdisciplinar, considerando criterios geológicos, de mecánica de rocas, propiedades térmicas, hidrogeología, hidrogeoquímica, propiedades de transporte de la formación geológica y propiedades del sistema de superficie. Este documento da cumplida cuenta de las características de la roca y sus propiedades térmicas y mecánicas.

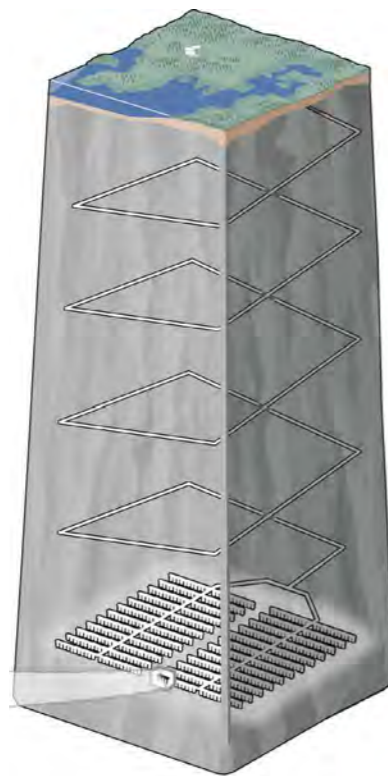
FIGURA 2: ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DURANTE EL PROCESO DE SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO SUECO



Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project, Volume I, TR-11-01, SKB, 2011, p. 102

En este documento, los aspectos geológicos que se examinan para Forsmark son los siguientes:

1. Dominios de rocas y sus propiedades termales y mecánicas, con los siguientes apartados:
 - Composición de la roca y división en dominios rocosos
 - Recursos minerales
 - Propiedades térmicas
 - Esfuerzo y otras propiedades mecánicas de la roca intacta
2. Zonas de deformación, dominios de fracturación y fracturas:
 - Formación y reactivación a lo largo del tiempo geológico
 - Zonas de deformación determinística
 - Dominios de fracturación, fracturas y modelos de redes de fracturas discretas, DFN, por su siglas en inglés.
 - Mineralogía de las fracturas
 - Propiedades mecánicas de las zonas de deformación y fracturas
3. Esfuerzos del macizo rocoso, considerando la evolución y modelos de esfuerzo.
4. Propiedades hidráulicas del macizo rocoso



Almacenamiento Geológico Profundo.

5. Dominio de fracturación integrado, DFN hidrogeológico y modelos de esfuerzo de la roca

6. Aguas subterráneas: evolución durante el período cuaternario, composición e interacciones con la roca, y flujo y consistencia con los registros de agua subterránea

7. Propiedades de transporte en el macizo rocoso

8. Sistema superficial: evolución durante el período cuaternario, descripción y población humana y empleo del suelo.

Para concluir, cabe destacar que estos criterios fueron determinados y aplicados por SKB en el ejercicio de las responsabilidades que le otorga la legislación sueca. El marco legislativo sueco no otorga un papel relevante al regulador nuclear, SSM, ni al Tribunal Medioambiental, a la hora de definir los criterios de selección; antes bien, estas autoridades deben evaluar si la definición y aplicación de los criterios por parte del implementador les parecen convincentes. Esta asignación de responsabilidades difiere del enfoque adoptado por otros países, como Alemania, donde los criterios para la selección del emplazamiento han venido definidos por el legislador. ■

Cultivando los mares para comer más sano

Buscamos alimentos sanos y ricos, no solo en su sabor, sino en su valor nutricional. Ricos para el paladar y ricos para nuestra salud. Y a la hora de ampliar nuestra gastronomía, hemos puesto los ojos en los mares que no solo proporcionan pescados y moluscos, sino también verduras. Efectivamente, nos vamos a centrar en las algas, las verduras del mar.

TEXTO: MARÍA GARCÍA DE LA FUENTE; FOTOS: FAO-GFCM / CHRISTOS MASOYRAS ; CTAQUA

Las algas se han utilizado tradicionalmente en Europa para abonar los campos o para alimentar al ganado, pero desde finales del siglo XX han empezado a aparecer en nuestras cocinas. Un alimento tradicional en la cultura asiática que irrumpe cada vez más en nuestros fogones.

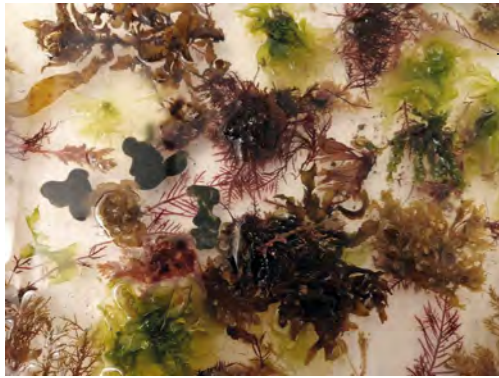
Como todas las verduras, su valor energético no es muy elevado, pero sí son ricas en proteínas, fibra, antioxidantes, azúcares y vitaminas, específicamente vitamina K y ácido fólico, ácidos grasos omega-3, a la vez que son bajas en calorías y grasas. "Las algas son alimentos nu-

tricionalmente saludables porque tienen poca grasa y la que tienen es saludable del tipo omega-3, y además tienen fibra, agua y son bajas en calorías", señala Miguel Herrero, científico titular en el Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CSIC).



A la derecha y en la parte inferior de la página: proyecto de acuicultura para mujeres jóvenes en una granja de algas marinas en Grecia (FAO-GFCM / Christos Masoyras.

Bajo estas líneas, algas del banco español de algas.



Las algas viven preferentemente en el agua, ya sea salada o dulce, y se han descrito hasta 45.000 especies diferentes. Poseen altas concentraciones de minerales como magnesio, yodo, fósforo, hierro, calcio, potasio, silicio y sodio y vitaminas, con lo que presentan propiedades antibacterianas, antivirales, reducen el colesterol y tienen gran cantidad de fibra que estimula el tracto intestinal.

El consumo de las algas puede ser tanto directamente como ingrediente de un plato o bien como parte de alimentos, como por ejemplo emulsionantes, espumantes o gelificantes. Las algas son ricas en ficocoloides, que son agentes espesantes que no tienen equivalente sintético y por eso se emplean en aditivos para mermeladas, pudín, preparados de fruta o salsas.

El uso de las algas en alimentos procesados no es nuevo, llevamos años comiendo algas en alimentos para bebés, derivados lácteos, zumos, pasta, galletas, sopas de preparación instantánea o recubrimiento de embutidos, y utilizando algas en pasta dentífrica, cosméticos, cremas, champús o alimentos para animales.

Miguel Herrero explica que “las algas se utilizan en alimentación para el desarrollo de ingredientes que suelen ser emulsionantes, espesantes o gelificantes, dependiendo de las condiciones en las que se utilicen y se emplean para gelatinas, yogures, helados, etcétera, son muy versátiles y son aditivos muy comunes en la industria alimentaria”. El uso de algas como ingredientes es ya tradicional en la industria alimentaria.

Lo que sí es novedoso es que las algas están cada vez más presentes en platos como su ingrediente

principal y por tanto, están a nuestra vista. En cartas de restaurantes o en los lineales de los supermercados. “Las algas son típicas de países asiáticos, donde se consumen como cualquier otra verdura, y en España con la globalización de la comida y el aumento del consumo de sushi, que lleva algas que lo recubren y que se ha vuelto muy popular, se ha hecho más visible la utilización de las algas como alimento”, señala Herrero. Pero por el momento, no hay una penetración muy grande en nuestros platos y solo se emplea para darles aroma o sabor.

Algas autorizadas en España

En la actualidad, “no existe armonización sobre la regulación de algas en la Unión Europea”, según los datos facilitados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). En España, las especies de algas autorizadas para su comercialización son las establecidas en la **resolución de 24 de mayo de 2019**, de la Secretaría General de Pesca, por la que se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España, entre las que se encuentran *Gelidium corneum* (alga imperial) y *Phaeophyceae* (alga parda).

En total son nueve especies de algas las que están autorizadas para su comercialización en España: alga de cal, alga imperial, alga caulerpa, alga espárrago, alga fuco, alga nep, alga parda, alga roja y alga verde.

También podrían comercializarse en España aquellas especies de algas que se encuentren legalmente comercializadas en otros Estados miembros de la UE. Asimismo, existe la posibilidad de comercializar en

España aquellas algas o productos derivados de las mismas, autorizadas bajo el **Reglamento (UE) 2015/2283** relativo a los nuevos alimentos, como, por ejemplo, el liofilizado de microalga *Tetraselmis chuii*, aceite de alga de la microalga *Ulkenia* sp., oleorresina rica en astaxantina del alga *Haematococcus pluvialis*, beta-glucano procedente de las microalgas *Euglena gracilis* o extracto fucoidano del alga *Fucus vesiculosus*, entre otros.

Un banco de conocimiento

En Canarias se ubica el **Banco Español de Algas**, una infraestructura de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria gestionada por la Fundación Canaria Parque Científico Tecnológico (FCPCT). Sus objetivos son el aislamiento, caracterización, conservación, suministro y desarrollo de técnicas de cultivo y aplicaciones de microalgas y cianobacterias desde el punto de vista científico-tecnológico.

En sus instalaciones albergan más de 1.900 cepas clonales de microalgas de regiones tropicales y subtropicales, en particular de la región macaronésica. Con sus investigaciones, pretenden conocer y conservar la biodiversidad para mejorar la calidad de vida del Planeta.

Producción mundial

Según el último informe de la FAO sobre **‘El estado mundial de la pesca y la acuicultura’** la producción pesquera y acuícola mundial alcanzó los 223,2 millones de toneladas en 2022, de los que 185,4 millones de toneladas correspondían a animales acuáticos y 37,8 millones a algas.

Concretamente en acuicultura, la producción llegó a su máximo

histórico en 2022 con 130,9 millones de toneladas, de las cuales 94,4 millones de toneladas fueron animales acuáticos y 36,5 millones de toneladas de algas. Así, la gran mayoría de las algas que se recogen son de cultivos, frente a solo 1,3 millones de toneladas que son recogidas en el mar. Además, en 2022 por primera vez, la producción de especies animales proce-

dentos de la acuicultura (51 %) superó la de la pesca de captura.

Algas en España

En España, según los últimos datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en 2023 hubo un aumento muy significativo en la producción de algas. Se recogieron 3 toneladas de alga roja, fren-

te a las 0,40 toneladas de 2022; 6,62 toneladas de algas verdes en 2023, frente a las 1,07 de 2022; de argazo real o kombú de azúcar se recogieron 10 toneladas en 2023 y 2022, frente a las 0,82 de 2021; y lechuga de mar se recogieron 4,95 toneladas en 2023 y 6,61 en 2022.

Por valor de primera venta, la lechuga de mar superó los 91.000 euros en 2023, seguida de las algas verdes con 60.000 euros, del kombú de azúcar con 46.800 euros y de las algas rojas con más de 29.000 euros. Un mercado en crecimiento.

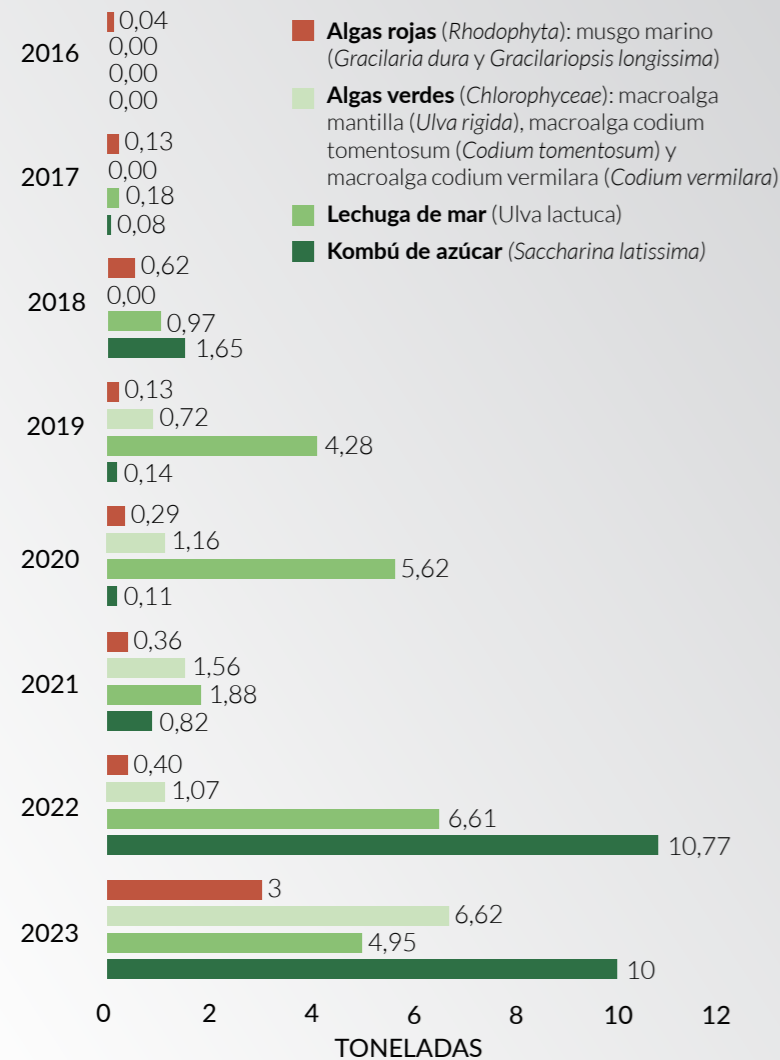
El cultivo de microalgas alcanza producciones menores, pero con valores de venta muy superiores. Así, en 2023 se produjeron 0,65 toneladas de *Tetraselmis chuii* que superaron un valor de 1,5 millones de euros; y las 0,65 toneladas de *Nannochloropsis gaditana* se vendieron por más de medio millón de euros.

Andalucía y Galicia concentran la producción de algas

Por comunidades autónomas, la producción se localiza en Andalucía y Galicia. Así, las 4,95 toneladas de la lechuga de mar se recogieron en Andalucía; las 3 toneladas de algas rojas, 6 toneladas de algas verdes y de 10 toneladas de argazo se cosecharon en Galicia.

Las microalgas proceden de cultivos, mientras que las macroalgas son de recolección en el mar. La producción de microalgas solo necesita luz solar y no precisa estar en la costa, por lo que se podría ubicar en zonas rurales para favorecer la diversificación de actividades. Las microalgas tienen muchas aplicaciones como la alimentación animal, compuestos para agricultura o para biomasa.

Producción acuícola nacional



MUCHA INVESTIGACIÓN



Las algas son un campo de investigación en auge. Diversos organismos públicos y clústers de investigación cuentan con proyectos sobre sus aplicaciones para el consumo humano.

El Centro Tecnológico de Acuicultura de Andalucía (CTAQUA) y el Clúster de la Acuicultura de Galicia (CETGA) están desarrollando el **proyecto AQUATROFIC**, para la utilización de macroalgas autóctonas de Andalucía y Galicia en el aprovechamiento de nutrientes durante el cultivo de moluscos bivalvos de interés comercial. Cuenta con financiación del programa Pleamar de la Fundación Biodiversidad.

Las algas pueden adaptarse a condiciones de elevada salinidad, y en el **proyecto ALGASAL+** los científicos del Instituto

Tecnológico de Canarias y las Universidades de Almería y Las Palmas de Gran Canaria van a estudiar cómo aprovechar salmuera generada por desalación como medio de cultivo para las algas. Un proyecto de economía circular y biotecnología, a partir del aprovechamiento del rechazo de salmuera procedente del proceso de desalación como parte del medio para cultivar algas nativas.

Las algas se emplean en la actualidad en multitud de procesos industriales, desde la recuperación de suelos quemados por incendios forestales a biorremediación de suelos contaminados, en la industria cosmética o en la farmacéutica. Y cada vez las saborearemos más en nuestra gastronomía. Un sinfín de aplicaciones.

Erik-jan Malta, director del Departamento Investigación Aplicada e Innovación del Centro Tecnológico de Acuicultura de Andalucía (CTAQUA), señala que las algas también tienen aplicaciones en la alimentación de peces de acuicultura como las doradas y lubinas de los esteros, como piensos funcionales, es decir, que les aporta algún beneficio como mejorar la protección del sistema inmune o ser más resistentes a enfermedades.

Manuel Macías, jefe de sección de cultivo de algas de CTAQUA, añade que se está generando mucho interés por estas aportaciones que pueden suministrar las algas y se abre un mercado a una industria que está empezando.



LA HUELLA NEANDERTAL

En los albores de la historia de los homínidos, nuestra vieja Madre Tierra no estaba ocupada tan solo por nosotros, los *Homo sapiens*. En su primer peregrinaje a gran escala, desde África hasta el resto del planeta, nuestros antepasados distantes se fueron encontrando con primos lejanos del avance evolutivo aquí y allá, entre ellos, los neandertales. Hace 400.000 años, en las tierras que hoy conocemos como Europa y Asia, estos robustos homínidos campaban a sus anchas. A menudo retratados como seres toscos y primitivos no dejaron de existir hasta hace, tan solo, 40.000 años. Durante mucho tiempo, se pensó que los neandertales desaparecieron sin dejar rastro, pero en la última década, la ciencia ha revelado que, en cierto modo, siguen entre nosotros: una pequeña porción de sus genes sobrevive en el ADN de los humanos modernos.



EN EL
ADN
HUMANO
MODERNO:



Para comprender como se produjo esta asociación en forma de legado genético, es importante situarnos en el contexto histórico. Hace unos 60.000 años, los *Homo sapiens*, tras haber evolucionado en África, comenzaron a salir de este continente en lo que se conoce como la "Gran Migración". En su camino, llegaron a Europa y Asia, donde encontraron a los neandertales, quienes ya llevaban miles de años viviendo en estas regiones. Y aunque durante mucho tiempo se creyó que la relación entre estas dos especies de homínidos era únicamente de competencia o conflicto, las investigaciones recientes sugieren una historia más compleja y, de hecho, bastante más íntima.

de Pääbo secuenció por primera vez el [genoma completo del neandertal](#), y los resultados fueron sorprendentes: entre un 1% y un 4% del ADN de las personas que no tienen ascendencia exclusiva-

mente africana proviene de los neandertales. En otras palabras, si tienes raíces europeas, asiáticas o amerindias, es probable que una pequeña parte de tu genoma pertenezca a estos antiguos humanos.



UNA HERENCIA INESPERADA

TEXTO: ALEJANDRO CABANILLAS

FOTOS: ALEJANDRO CABANILLAS; VERÓNICA SCHULMEISTER GUILLÉN; LOS 13 DEL SIDRÓN.

Reproducción del cráneo de un individuo adulto perteneciente a la especie *Homo neanderthalensis*, conocido en el mundo de la paleontología como "El viejo de La Chapelle" (Dordoña, Aquitania) que vivió en el Paleolítico medio.



Recreación de una cadena de ADN.

Los análisis de ADN antiguos, liderados por genetistas como [Svante Pääbo](#), director del Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva, han demostrado que los humanos y los neandertales no solo coexistieron, sino que también se mezclaron. En un estudio revolucionario publicado en 2010, el equipo

Nuestros genes neandertales desempeñan un papel clave en la resistencia a enfermedades y podrían haber ayudado a los primeros Homo Sapiens a adaptarse a Eurasia

¿Cuál es nuestra herencia neandertal?

Hasta tal punto es importante nuestra herencia neandertal que no se limita a genes que definen rasgos superficiales como el color del pelo o la altura; sino más bien a elementos que influyen en aspectos importantes de la fisiología humana.

Uno de los legados más notables de los neandertales es su contribución a nuestro sistema inmunológico. Se ha descubierto que ciertos genes heredados de ellos desempeñan un papel clave en la resistencia a enfermedades. Por ejemplo, el [gen HLA](#), que influye en la capacidad del cuerpo para reconocer y combatir patógenos, tiene variantes que provienen de los neandertales. Este gen podría haber ayudado a los primeros Homo sapiens a adaptarse más rápidamente a las nuevas enfermedades que encontraron al entrar en Eurasia. De hecho, algunos científicos creen que esta ventaja inmunológica fue una de las razones por las cuales los humanos modernos pudieron asentarse con éxito en estos territorios.

Por el contrario, algunas de aquellas ventajas genéticas que nos ayudaron a evolucionar en aquellos lejanos tiempos, se han convertido en un arma de doble filo en el presente: por ejemplo, se ha descubierto que ciertos genes neandertales están asociados con una mayor susceptibilidad a trastornos como la diabetes tipo 2, la depresión y el lupus. Lo que demuestra cómo la evolución y la adaptación pueden tener consecuencias imprevistas en diferentes contextos ambientales.

Además de esas implicaciones relacionadas con la salud, algunos



Rasgos comunes en Europa como el pelo rojizo o la piel clara podrían ser una herencia directa de nuestros antepasados neandertales, según un artículo de la revista *Science*. En la imagen principal, se puede ver una recreación del aspecto de las dos especies. En la imagen inferior, restos neandertales en un yacimiento.

investigadores han llegado a preguntarse si los genes neandertales están implicados en otros aspectos más visibles o relacionados con nuestra fisonomía o comportamientos. En 2017, un estudio publicado en la revista *Science* apuntó que ciertos genes relacionados con el color de la piel y el cabello en los humanos actuales podrían tener un origen neandertal. Algunos rasgos de muchas poblaciones europeas actuales, como el pelo rojizo y la piel clara, podríamos haberlos heredado directamente de los neandertales quienes, según se cree, presentaban estas mismas características pigmentarias.

Y aún hay más: otras investigaciones sugieren que los neandertales también nos legaron algunas influencias en aspectos neurológicos y psicológicos. Varios estudios han relacionado nuestros [ciclos del sueño](#) y la predisposición a ser nocturnos son variantes genéticas de origen neandertal. Estas teorías, aún a debate, añaden nuevos niveles de complejidad a la comprensión de cómo la genética neandertal se haya imbricada en el proceso de moldeado de la humanidad moderna.

También se sabe, gracias al análisis de restos de varios individuos

neandertales hallados en la cueva de El Sidrón, en Asturias, que poseían el [gen FoxP2](#), conocido como gen del lenguaje o del habla, lo que nos indica que eran capaces de comunicarse mediante el habla y los acerca, aún más, al Homo Sapiens y las posibles interacciones que pudieran desarrollar.

Vida neandertal: más sofisticada de lo que nos parecía

Cuando la humanidad descubrió la huella neandertal en el mundo, en aquellas primeras aproximaciones, nos fuimos haciendo a la idea de que los neandertales fueron unos

Toma de muestras en la galería del osario de la Cueva del Sidrón, en Asturias, donde se han encontrado restos de nuestros antepasados neandertales.



seres muy alejados de nuestros estándares de sofisticación y refinamiento y les adjudicamos, con demasiada prontitud por lo que se ve, unas características primitivas, casi animales, de seres infrahumanos. Pero, a lo largo de los años, la imagen de estos homínidos como seres toscos y sin inteligencia ha sido desafiada por numerosos descubrimientos arqueológicos. Se sabe que los neandertales fabricaban herramientas avanzadas, como hachas y cuchillos de piedra, y que también dominaban el fuego, lo cual les permitió adaptarse a las duras condiciones climáticas del [Pleistoceno](#).

Lo más fascinante, quizás, es la evidencia de que los neandertales también practicaban rituales funerarios. En sitios arqueológicos como la [cueva de Shanidar](#) en Irak, se han encontrado esqueletos de neandertales enterrados cuidadosamente, algunos incluso acompañados de flores. Esto sugiere que



A la izquierda, la cueva de Shanidar, en Irak, donde se han encontrado rituales funerarios neandertales.

los neandertales tenían una comprensión simbólica del mundo y de la muerte, lo que refuerza la idea de que eran más cercanos a nosotros en términos cognitivos y emocionales de lo que se creía.

Otro detalle notable fue el hallazgo, en una excavación de un asentamiento neandertal, de una flauta hecha de hueso de oso con

perforaciones en lugares que coinciden con las notas de una escala musical, lo que indica de que hubieran sido capaces de producir música; hecho que eleva a nuestros lejanos primos un peldaño más en la escala del humanismo.

Pero llegó la extinción...

A pesar de todo y de esa creciente humanización que los últimos

Los neandertales fueron borrados de la faz de la tierra hace unos 40.000 años, aunque todavía hay fragmentos de ADN Neandertal en cada uno de nosotros.



descubrimientos acerca de los neandertales nos están revelando, acabaron por extinguirse. No bastaron todas las similitudes con los recién llegados sapiens ni el intercambio genético entre ambas especies: los neandertales fueron borrados de la faz de la tierra hace unos 40.000 años. Las [razones de su extinción](#) siguen siendo motivo de debate, pero algunas teorías sugieren que el cambio climático, junto con la competencia por recursos con los Homo sapiens,

jugó un papel crucial. Otra hipótesis plantea que los neandertales se "diluyeron" gradualmente en la población humana a través del mestizaje, lo que explicaría por qué no dejaron descendientes directos, pero sí su legado genético.

El paleoantropólogo [Chris Stringer](#), del [Museo de Historia Natural de Londres](#), ha señalado que los neandertales y los Homo sapiens probablemente compartieron un mismo hábitat durante al menos

5.000 años en algunas regiones de Europa. Durante este tiempo, las dos especies intercambiaron no solo genes, sino también posiblemente conocimientos y tecnologías. Sin embargo, aunque los neandertales eran robustos y estaban bien adaptados a su entorno, no pudieron sobrevivir a los cambios drásticos que se produjeron en el clima y el ecosistema europeo en aquella época.

Hoy en día, la presencia de genes neandertales en nuestro ADN es un recordatorio de que la historia de la humanidad no es lineal, sino que está llena de interacciones y mestizajes entre diferentes especies de homínidos. Esta mezcla genética ha dejado una huella perdurable, influyendo en nuestra biología de formas inesperadas.

En palabras del genetista [David Reich](#), de la Universidad de Harvard, "el hecho de que todavía llevemos dentro de nosotros fragmentos de ADN neandertal muestra cómo la evolución humana ha sido una historia de interacción, no de aislamiento". Además, el estudio del ADN neandertal sigue arrojando luz sobre la forma en que los humanos modernos evolucionaron y se adaptaron a distintos entornos, lo que nos permite entender mejor quiénes somos hoy en día.

Los neandertales no solo fueron importantes actores en la historia de la evolución humana, sino que también siguen vivos, de alguna manera, en cada uno de nosotros. A medida que la ciencia avanza, continuamos descubriendo más sobre cómo estos antiguos homínidos influyeron en lo que somos hoy. Y quién sabe, quizás en el futuro sigamos desentrañando más secretos de este fascinante capítulo de nuestra (compartida) historia genética. ■

VIVIR Y ESCRIBIR

“La obra de un autor está condicionada por los lugares en los que vive y las experiencias que acumula”

Mis tres novelas son reflejo de todo ello y las tramas, secretos, intrigas, sentimientos e historias que recogen así lo demuestran.

De hecho, la primera de ellas, titulada *La oficina de la cuarta planta*, transcurre entre el pequeño pueblo de mis abuelos (Salientes, en la provincia de León) y el Palacio Real de Madrid, donde fui director general durante ocho años.

Ya que los lugares condicionan a las personas a continuación comparto mi recorrido vital por la geografía de España. Nací en Santander, casi frente a la bahía, junto a Puerto Chico. Aunque viví en aquella ciudad poco tiempo regresé todos los veranos. Por ello la sensación que me evoca es luminosa: de playa,

olas, paseos y rabas. Mi niñez se desarrolló en León donde se produjeron los primeros recuerdos de muchas cosas, de esas que jamás se olvidan. Por extensión, también viví en la montaña de León, en el pueblo de mis antepasados maternos, a donde viajaba con frecuencia y sigo viajando, con menos frecuencia. En la Universidad de Salamanca estudié Derecho y fui un joven deseoso de aprender y conocer, dispuesto a romper con mi timidez –sin lograrlo– conectando con muchas personas y disfrutando de la vida. Tras un año recorriendo Europa me asenté en Madrid, amablemente acogido en la villa y corte, donde llevo más de treinta años. En Madrid me he divertido, me he desarrollado profesionalmente y, lo más importante, he creado mi hogar y formado una familia. Todos esos lugares han marcado mi escritura.

Las experiencias profesionales también son fuente de inspiración

para las novelas. Además de esa influencia en mi primera publicación, ambientada en el Palacio Real de Madrid donde tuve mi despacho durante años, también las dos siguientes se nutrieron de información y situaciones generadas en el entorno laboral.

Así, en la segunda novela titulada *La seducción de la niebla*, se narra la historia de dos amigas tras la desaparición de una de ellas en tierras yihadistas y se incorporan cuestiones relativas a la financiación del terrorismo, investigaciones policiales y de los servicios secretos, tráfico de arte, etc. que fueron habituales en mis jornadas en el Tesoro Público y la Comisión de prevención del blanqueo de capitales.

También allí aprendí y trabajé en temas relacionados con las monedas virtuales y los fraudes financieros internacionales y eso forma parte de mi tercera novela titulada *Cuando olvidar es imposible*.

Sin embargo, la creación artística en general y la literaria en particular necesita de otros elementos que completen los lugares y las experiencias. Algunos como la capacidad de observar, la dedicación de horas a escribir y corregir, la tenacidad para continuar, el apoyo familiar y la disciplina para lograr la máxima concentración fueron parte de mi vida durante el tiempo que dediqué a mis novelas. Escribir y publicar requiere esfuerzo, pero también se disfruta mucho cuando se alcanza a llevar una doble vida: la cotidiana y la literaria, la consciente y la fantástica, la real y la imaginada.

A quienes han descubierto su capacidad creadora o artística les animo a continuar en ello; a quienes aún la tienen que descubrir les animo a bucear en su interior y buscar elementos de inspiración en la Naturaleza, en los museos o en los auditorios para encontrarla lo antes posible. ■

Miguel Ángel Recio Crespo





CONECTADOS

SIGUE A ENRESA EN REDES SOCIALES



INSTAGRAM

Vídeo e imagen sobre nuestra actividad

Conoce la actualidad y divulgación de las actividades que realizamos de una manera más visual y dinámica. Trasladamos la realidad de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares en España.



X

Sigue el pulso a la actualidad de Enresa

Divulgación relacionada con la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares con total transparencia. Puedes resolver tus dudas sobre información institucional, organizativa, normativa o económica.



LINKEDIN

Nuestro perfil para profesionales

Encontrarás contenidos relacionados con el ámbito laboral y profesional. Compartimos nuestro lado más corporativo, socialmente comprometido y de actualidad de los proyectos de la empresa.

ACCEDE A NUESTRAS REDES SOCIALES



FACEBOOK

Presentes en la red más multitudinaria

Te acercamos nuestra actualidad y contenidos divulgativos a través de la red social con más usuarios en el mundo. Una ventana para que puedas consultar nuestra actividad de primera mano.



YOUTUBE

Nuestros proyectos de la forma más didáctica

Consulta nuestros vídeos técnicos y divulgativos sobre los proyectos de Enresa, para que conozcas en qué trabajamos y las soluciones que desarrollamos.



FLICKR

Las mejores imágenes de la actividad de Enresa

Disfruta de imágenes técnicas y representativas de nuestra actividad. Desde preciosas vistas de la naturaleza hasta procesos industriales. Una red para quienes quieren conocer, investigar y descubrir.

SUSCRIPCIÓN

Estratos lleva más de tres décadas ofreciendo información sobre la gestión de los residuos radiactivos, el desmantelamiento de instalaciones nucleares y otros temas de interés científico, técnico y ambiental...

Estratos es ahora una

publicación digital interactiva



A partir de ahora, te ofrecemos los mismos contenidos de periodismo, ciencia e investigación con todo el valor añadido que aporta un entorno enriquecido como el electrónico. Escríbenos a registro@enresa.es con los siguientes datos: nombre y apellidos, DNI, y correo electrónico para poder seguir en contacto contigo.

De conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, le informamos que sus datos serán tratados por Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. S.M.E. (Enresa), con CIF A78056124, con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos. La base jurídica del tratamiento de los datos del interesado es el consentimiento prestado por Ud. al remitirnos sus datos en su solicitud de suscripción. Sus datos se conservarán mientras Ud. desee recibir nuestra publicación y no nos comunique lo contrario, y siempre durante los plazos de prescripción previstos para las medidas que resultasen de aplicación.

Le informamos de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación y oposición mediante solicitud dirigida a Enresa acompañada de copia de documento oficial que le identifique, bien por escrito en el domicilio calle Emilio Vargas, n.º 7, 28043 Madrid, o bien mediante mensaje a la dirección de correo electrónico registro@enresa.es.

Le informamos igualmente que en cualquier momento Ud. podrá retirar el consentimiento prestado por medio del procedimiento anteriormente especificado, así como ejercer su derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control, Agencia Española de Protección de Datos (www.agpd.es).

ESTRATOS



www.enresa.es