

ESTRATOS

MÁS DE 25 AÑOS DIVULGANDO CIENCIA

El arte de la imagen científica



Dendrocronología: el anillo de los árboles, el mejor testigo

**Luis Moreno Lorente,
catedrático de Ingeniería de
Sistemas y Automática:
“Los países más robotizados
son los que más riqueza y más
empleo tienen”**

**La gestión convencional de los residuos generados en las industrias
NORM: Uso de vertederos de residuos industriales**



Apostando por la tecnología e I+D+i

Centro de Tecnología Avanzada en constante innovación

Pasión por la mejora continua

Excelencia operativa, mejores prácticas y cultura de seguridad

Consolidando nuestra internacionalización

Flexibilidad, exportada más del 85% de la producción

Passion_{for}
improvement

HACIA UNA NUEVA ETAPA EN JOSÉ CABRERA

A través de los últimos números de Estratos se ha podido seguir en detalle los avances en el primer desmantelamiento completo de una central nuclear que se realiza en España, el de José Cabrera, más conocida como “Zorita” en Guadalajara. Esta central nuclear, pionera en la producción de energía eléctrica de origen nuclear en nuestro país, también lo está siendo en su proyecto de desmantelamiento, que el próximo año afrontará una nueva etapa, quizá la más visible para el público: la descontaminación, desclasificación y la demolición de estructuras.

Pero llegar a este momento, que empezará a ser una realidad a lo largo de 2017, ha requerido mucho esfuerzo. Demoler y descontaminar es el resultado de haber desmontado, descontaminado, desclasificado y gestionado oportunamente los materiales radiactivos y convencionales que en su día permitían el funcionamiento de la central.

Si volvemos la vista atrás, a 2010, cuando Enresa se hacía con la titularidad de la central, el principal reto era “construir para desmantelar”. Para poder acometer el proyecto era necesario

cambiar los usos de la instalación para adecuarlos a su nueva situación. Así vimos “desaparecer” infraestructuras como las antiguas torres de refrigeración o la antigua turbina para convertirlas en una campa de gestión de materiales o en un edificio auxiliar de desmantelamiento para la gestión de residuos radiactivos, respectivamente. Con infraestructuras de apoyo listas y con los primeros componentes convencionales ya desmontados, comenzaba una nueva fase que por su novedad era la que suponía uno de los mayores retos para Enresa: el desmontaje de los componentes del circuito primario y de la vasija del reactor. Una vez más se superó el reto, y como pudimos leer a través de las páginas de Estratos, este proceso fue un éxito.

Desmontado ya el “corazón de la central” y culminada también la retirada del blindaje biológico que lo rodeaba, es ahora el turno de descontaminar, principalmente, los edificios de contención y auxiliar para que queden limpios desde el punto de vista radiológico y listos para su demolición.

Una vez más, nos encontramos ante un proceso para el que son

necesarias nuevas infraestructuras como es el caso de la Planta de Lavado de Tierras de la que este número de la revista amplía información. Esta infraestructura ayudará a gestionar y tratar suelos para asegurar su descontaminación y minimizar, a su vez, la generación de residuos radiactivos.

Otro de los procesos clave, que se desarrolla en estos momentos, lo constituyen las mediciones y descontaminaciones de cada área de la central para asegurar que se encuentran por debajo de los niveles de desclasificación para acometer su posterior demolición convencional. Una tarea que, aunque ardua, podrá beneficiarse de los avances conseguidos en el anterior desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós I, en cuanto a automatización de mediciones y procesamiento de datos.

Superado ya el ochenta por ciento de su ejecución, el desmantelamiento de Zorita entra en una nueva fase en la que a finales del ejercicio quizá empiece a cambiar la fisonomía del que fuera el primer símbolo de la producción energética nuclear en España. ■

REVISTA ESTRATOS

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

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

Suscripciones: registro@enresa.es

Correo electrónico: prensa@enresa.es

Página web: www.enresa.es

Realización:

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

Consejero delegado Wolters Kluwer:
Vicente Sánchez

Jefe de Publicaciones Wolters Kluwer: Fernando Cameo

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

Coordinadores Wolters Kluwer:
Salomé González y Sergio Gavilán

Redactores y colaboradores:
Pablo Almera, Ana Ayala, Cristina Correa, Bruno Díaz, Alla Dvorzhakunina, César de Echagüe, Elena García Quevedo, Germán Hesles, Esmeralda Mardomingo, Juan Carlos Mora, Álvaro Rojo, Pura C. Roy, Rosa M. Tristán y Ricardo Tapia.

Crédito de portada:

Ainsley Ashby-Snyder

Diseño, maquetación, producción e impresión:
Wolters Kluwer España

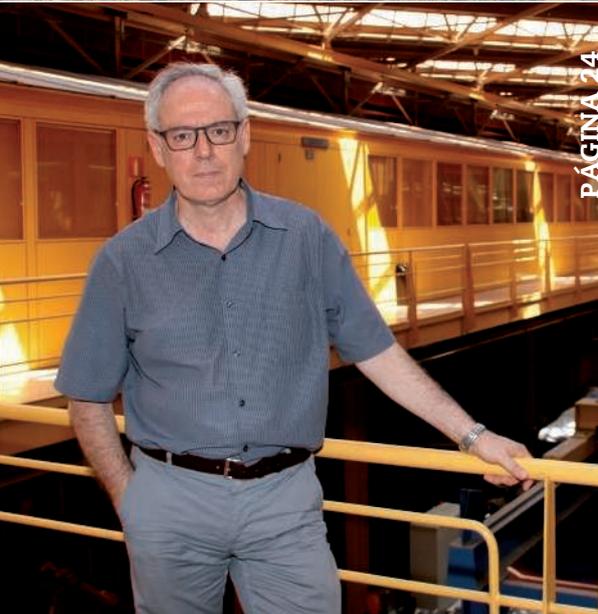
Depósito legal: M-7 411- 1986

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





PÁGINA 5



PÁGINA 24



PÁGINA 28



PÁGINA 32

SUMARIO

EDITORIAL

Hacia una nueva etapa en José Cabrera, 3

ACTUALIDAD ESTRATOS

AENOR renueva la certificación del Sistema de Gestión Ambiental de El Cabril. 5

La plataforma tecnológica europea IGD-TP celebró su VII Foro de Intercambio en España 6

CEIDEN celebra su 10ª Asamblea General 6

El director general de la NEA visita El Cabril 8

El Cabril presentó el programa de actividades educativas para este curso 8

Enresa firma acuerdos marco de colaboración técnica con Sogin y EDF 9

Reunión de seguimiento del convenio Enresa-Andra . 9

Francia aprueba la ley sobre la reversibilidad y las modalidades de Cigeo 10

Directivos de la coreana KHNP visitan Zorita 11

Bomberos de Guadalajara participan en Zorita en un ejercicio de extinción y rescate 11

TECNOLOGÍA

Una instalación de lavado de tierras para Zorita . . 12

I+D

Uso de vertederos de residuos industriales. 18

ENTREVISTA

Luis Moreno Lorente, catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática: “Los países más robotizados son los que más riqueza y más empleo tienen” 24

MEDIOAMBIENTE

Las microfibras invaden los océanos 28

DENDROCRONOLOGÍA

Testigos del paso del tiempo 32

SIERRA ALBARRANA

El palacio de Moratalla se une a la oferta turística de la comarca 38

Viaje al patrimonio industrial por una antigua vía férrea 40

Actualidad de Sierra Albarrana 42

ASTRONOMÍA

Misión AIDA: desviar asteroides 44

BOTÁNICA

La riqueza de los descampados urbanos. 50

SALUD

Bacterias: ¿malas compañías? 54

ENERGÍA

El ‘impulso’ del hidrógeno 58

ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

El arte de la imagen científica. 62

NOTICIAS CIENCIA. 66

actualidadestratos

En su auditoría anual de seguimiento

AENOR certifica la eficaz implantación del Sistema de Gestión Ambiental de El Cabril



© Enresa

Vista aérea general de las instalaciones que conforman El Cabril.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) renovó la certificación de la eficacia del Sistema de Gestión Ambiental de El Cabril tras la auditoría anual de seguimiento que realizó en esta instalación de Enresa el pasado mes de octubre.

Esta auditoría sirvió para comprobar el cumplimiento de los requisitos especificados en la norma de referencia, UNE EN ISO 14001:2004. El resultado de esta destaca el buen grado de implantación de los mismos, lo que se refleja en la ausencia de No Conformidades.

De acuerdo con el informe, “el sistema de gestión auditado cumple

con los requisitos de la Norma y con el resto de criterios de auditoría (requisitos legales y reglamentarios, requisitos del cliente, requisitos propios del sistema de gestión interno) y se considera que se encuentra eficazmente implantado”.

El resumen ejecutivo de la auditoría reconoce que el sistema está orientado a la mejora continua y a la minimización del impacto ambiental y señala que “el proceso de auditoría interna es robusto: las auditorías internas son exhaustivas y el proceso de revisión del sistema por la dirección es completo y adecuado”.

AENOR destaca como puntos fuertes, el grado de detalle y el profundo análisis de los datos realizado en la revisión por la dirección, el buen estado de orden y limpieza de las áreas visitadas y la importante disminución del consumo de agua experimentado como consecuencia del objetivo planteado 2014-2016.

El Sistema de Gestión Ambiental de El Cabril se implantó en la instalación en 1992. Desde entonces ha superado con éxito todas las auditorías anuales de seguimiento, así como las más exhaustivas de renovación que tienen lugar cada tres años. ■

En la sede del CSN en Madrid

La plataforma tecnológica CEIDEN celebró su 10ª Asamblea General



© Enresa

Rosario Velasco, vicepresidenta del CSN, presidió la X Asamblea General.

El subdirector general de Energía Nuclear del Ministerio de Energía Turismo y Agenda Digital (Minetad), José Manuel Redondo, inauguró el pasado el 18 de noviembre la Asamblea General de la Plataforma Tecnológica Española de Energía Nuclear de Fisión (CEIDEN) que se celebró en las instalaciones del Consejo de Seguridad Nuclear en Madrid. Redondo destacó, durante su intervención, el papel relevante de esta plataforma en la respuesta a los retos y oportunidades que se presentan a la I+D+i nuclear en España. Enresa es una de las entidades que se integran en esta plataforma que cuenta con un centenar de socios, aparte de los colaboradores internacionales, entre los que se encuentran empresas y organismos como CIEMAT, UNESA, ENUSA, CSN, Tecnatom o Indra.

La asamblea contó en esta edición con la participación del director general de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (OECD/NEA), William Magwood, que dictó la conferencia Nuclear Energy: Challenges and Opportunities for a Low Carbon Future. En su presentación, Magwood se refirió a los programas y actividades más significativos de la NEA, así como a las lecciones de Fukushima; presentando una panorámica del presente y del futuro de la energía nuclear en el mundo. Además, destacó la importancia de los retos asociados a la aceptación social de la energía nuclear y a la gestión de los residuos radiactivos y el combustible irradiado.

La presidenta de la CEIDEN, Rosario Velasco, presidió este encuentro en el que se revisaron las actividades más importantes desde la anterior asamblea, y los avances alcanzados por los distintos grupos de trabajo. Además, se aprobó la incorporación de nuevos miembros, y entidades colaboradoras en el contexto internacional. CEIDEN ha alcanzado ya el centenar de socios, aparte de los colaboradores internacionales.

La plataforma tecnológica CEIDEN se creó en el año 2007, aunque su antecedente se sitúa a finales de 1999, fecha en la que el entonces Ministerio de Industria y Energía creó el Comité Estratégico de I+D de Energía Nuclear. Su objetivo principal es coordinar los distintos planes y programas nacionales de I+D+i, así como la participación española en programas internacionales. ■

Organizado por Enresa en Córdoba

La plataforma tecnológica europea IGD-TP celebró su VII Foro de Intercambio en España



© Enresa

Asistentes a la reunión de la Plataforma Tecnológica IGD-TP celebrada en Córdoba.

Cerca de un centenar de técnicos y expertos, representantes de casi la totalidad de los países de la UE, participaron en el VII Foro de Intercambio de IGD-TP que se celebró en Córdoba, organizado por Enresa, los días 25 al 26 de octubre. Este encuentro sirvió para analizar los avances de los proyectos de I+D de Euratom en el campo de los residuos de alta actividad, analizar propuestas de cara al futuro y revisar las modificaciones de la CE respecto al futuro sistema de financiación de los proyectos de I+D en la gestión de los residuos radiactivos

ENRESA PATROCINA UNA NUEVA EDICIÓN DEL FORO DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD DE CÓRDOBA



Asistentes al Foro Economía y Sociedad de Córdoba.

El presidente de la Confederación de Empresarios de Córdoba (CECO), Antonio Díaz, abrió el nuevo periodo de actividades del Foro Economía & Sociedad Tribuna para el Desarrollo, que organiza la Asociación de Fabricantes y Empresas de Servicios de Córdoba (Asfaco) y patrocinan Enresa y Cajasol. Este acto, que se celebró en el Círculo de la Amistad de esta capital andaluza, contó con la participación de la directora del centro de Almacenamiento de El Cabril, Eva Noguero, quien cerró el turno de intervenciones destacando la importancia del compromiso del mundo empresarial con el medioambiente y el desarrollo social.

Un compromiso que – tal y como destacó la directora de El Cabril– “desde hace años marca la actividad diaria de la Confederación de Empresarios y sus miembros, que se pone de manifiesto a través de la firma de convenios de cooperación, como los que unen a Enresa con la CECO”, que se materializan en la puesta en marcha de numerosos proyectos.

El Foro Economía y Sociedad de Córdoba es una tribuna de debate no partidista para el análisis y la expresión de todos aquellos temas e ideas de máxima actualidad y de interés general para la sociedad civil. El objetivo de esta plataforma de comunicación, con la que Enresa colabora desde su puesta en marcha en 2011, es ser un foro de encuentro y un lugar donde se transmitan ideas, experiencias y conocimientos. Con este fin, en cada edición, se elabora un programa de intervenciones de destacadas personalidades del ámbito económico y social para exponer temas de su especialidad. ■

Para esta edición, Enresa recibió el encargo de IGD-TP de organizar este encuentro tecnológico en el que, por parte de la empresa, participaron Pablo Zuloaga, Joaquín Fariás, Miguel Ángel Cuñado, Juan Carlos Mayor, Mariano Molina y Javier Fernández.

En su decisión 2006/976/EURATOM, el Consejo Europeo destacaba que las actividades de I + D en la investigación sobre Euratom deberían centrarse en todos los aspectos clave de la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos de larga vida. En este documento se hace hincapié en el desarrollo y puesta a punto de tecnologías, la seguridad y la elaboración de una visión euro-

pea común sobre las principales cuestiones relacionadas con la gestión y almacenamiento de estos residuos.

La IGD-TP es una de las plataformas tecnológicas fomentadas por la CE. Estas plataformas nacieron con el objetivo de proporcionar un marco de trabajo para definir las prioridades de investigación y desarrollo, garantizar un enfoque adecuado de la financiación de los proyectos de investigación y desarrollo en ámbitos con un alto grado de relevancia industrial; y abordar los avances tecnológicos necesarios para mantenerse a la vanguardia mundial en los sectores de alta tecnología.

Como en las anteriores ediciones del Foro de Intercambio, se establecieron cuatro grupos de trabajo técnicos específicos, que este año fueron: industrialización y optimización, diseño del contenedor, interacciones de arcilla de alta temperatura y caracterización del combustible gastado, para proponer ideas y conceptos de cara al lanzamiento de nuevos proyectos conjuntos de I+D.

Esta 7ª edición supuso, además, una oportunidad para informar a los miembros de las actividades de la plataforma durante el año 2016, e informar sobre los resultados de los proyectos recién terminados BELBaR, LUCOEX y DOPAS. ■

Durante una visita a esta instalación

El director general de la NEA define a El Cabril como un ejemplo de gestión segura y eficaz



El director general de la NEA, Magwood, con Nuria Prieto, dpto. de Relaciones Internacionales, y Álvaro Rodríguez, director de la división Técnica.

El director de la NEA se mostró “impresionado por la eficacia del sistema de gestión de los residuos de baja y media actividad” que se aplica en nuestro país, y con el que afirmó, “Enresa ha encontrado y establecido un camino de éxito”.

La Agencia de Energía Nuclear (NEA) es un organismo intergubernamental que facilita la cooperación entre países con avanzadas infraestructuras de tecnología nuclear para buscar la excelencia en seguridad nuclear, tecnología, ciencia, medio ambiente y derecho. Este organismo, que tiene su sede en París, está encuadrado dentro de la OCDE.

William D. Magwood, director general de la Agencia de Energía Nuclear (NEA), visitó el sábado 19 de noviembre El Cabril durante su estancia en España para participar en la asamblea general anual de la plataforma tecnológica CEIDEN. Magwood, que viajó a la instalación de Enresa en la sierra cordobesa acompañado del director de la división Técnica de esta empresa pública, Álvaro Rodríguez Beceiro, afirmó al final de su visita que “El Cabril es una demostración de la capacidad de los países para abordar de manera eficaz y segura la gestión de los residuos radiactivos”.

La visita de Magwood a El Cabril se encuadra dentro de la agenda de su visita a España, que incluyó una conferencia ante la asamblea general de la plataforma tecnológica CEIDEN; una reunión con las entidades del consejo gestor de esta plataforma y visitas técnicas a las instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM de Madrid y de Tecnatom. ■

El Cabril presentó a los centros escolares cordobeses el programa de actividades educativas para este curso escolar



Los docentes participantes en la jornada ante el edificio modernista de la Casa Cardona..

zan los estudiantes de Bachiller y Ciclos Formativos.

El Cabril recibió hasta el pasado 30 de octubre un total de 130 visitas, de las cuales, más de medio centenar fueron centros escolares con alumnos de distintos niveles educativos. Por otra parte, durante el primer semestre de 2016, el Servicio de Comunicación de El Cabril organizó más de 150 talleres en más de medio centenar de centros de enseñanza de Córdoba y del entorno de la instalación.

Cerca de una treintena de docentes de diversos centros de enseñanza de Córdoba y el entorno de El Cabril participaron en el XIII Encuentro de Profesores, que se celebró en la Casa Cardona de Fuente Obejuna el 22 de octubre, un encuentro anual para presentar los contenidos y prácticas de

las actividades educativas que organiza el servicio de Comunicación Social de El Cabril, y que abarcan desde el desarrollo de unidades didácticas con prácticas en el propio centro escolar, para los alumnos de los primeros cursos de la ESO, hasta las habituales visitas a la instalación que reali-

El ayuntamiento de Fuente Obejuna abrió, para esta ocasión, las puertas de la Casa Cardona, un edificio modernista restaurado después de muchos años de trabajo, y cuya historia y secretos pudieron conocer los profesores de la mano de un técnico de turismo del ayuntamiento melariense. ■

ENRESA FIRMA ACUERDOS MARCO DE COLABORACIÓN TÉCNICA CON SOGIN Y CON EDF



Gestión de residuos radiactivos de baja y media en la central nuclear italiana de Garigliano. .

Enresa ha suscrito recientemente dos acuerdos marco de colaboración, uno con la agencia italiana responsable de la gestión de los residuos radiactivos, Sogin, y otro con la compañía eléctrica francesa Electricité de France (EDF), propietaria de diversas centrales nucleares en el país gallo.

Sogin es la empresa estatal responsable de la clausura de las centrales nucleares italianas y la gestión de residuos radiactivos, incluidos los producidos en las actividades industriales, de investigación y medicina nuclear.

La empresa italiana está embarcada en la tarea de localizar, construir y gestionar el futuro almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad, el denominado Depósito Nacional, una infraestructura de almacenamiento en

superficie con barreras de ingeniería y barreras naturales que tendrá una capacidad para 75.000 m³ de residuos. El acuerdo marco suscrito por ambas compañías tiene como fondo la experiencia española en este campo, entendiendo que el sistema de gestión de residuos radiactivos desarrollado por Enresa y la experiencia operativa de El Cabril pueden ser un modelo de futuro para sus actividades.

En el emplazamiento del futuro centro de almacenamiento se construirá un centro de investigación, abierto a las colaboraciones internacionales, donde llevar a cabo actividades en el campo de la clausura, la gestión de los residuos radiactivos y un ATC para, aproximadamente 15.000 m³ de residuos de alta actividad y vida larga.

Électricité de France (EDF) es la principal empresa de generación y distribución eléctrica de Francia. Esta compañía es la propietaria de ocho centrales nucleares de grafito-gas, similares a Vandellós I, que están paradas desde hace tiempo. El acuerdo suscrito con Enresa está destinado a compartir experiencias en el ámbito del desmantelamiento de este tipo de centrales y, especialmente, en la gestión a largo plazo del grafito.

Este acuerdo es continuación de uno que ya existía y que ha dado importantes resultados en el ámbito del intercambio de experiencias entre ambas organizaciones. ■

REUNIÓN DE SEGUIMIENTO DEL CONVENIO ENRESA-ANDRA



Técnicos de Andra durante su visita a El Cabril.

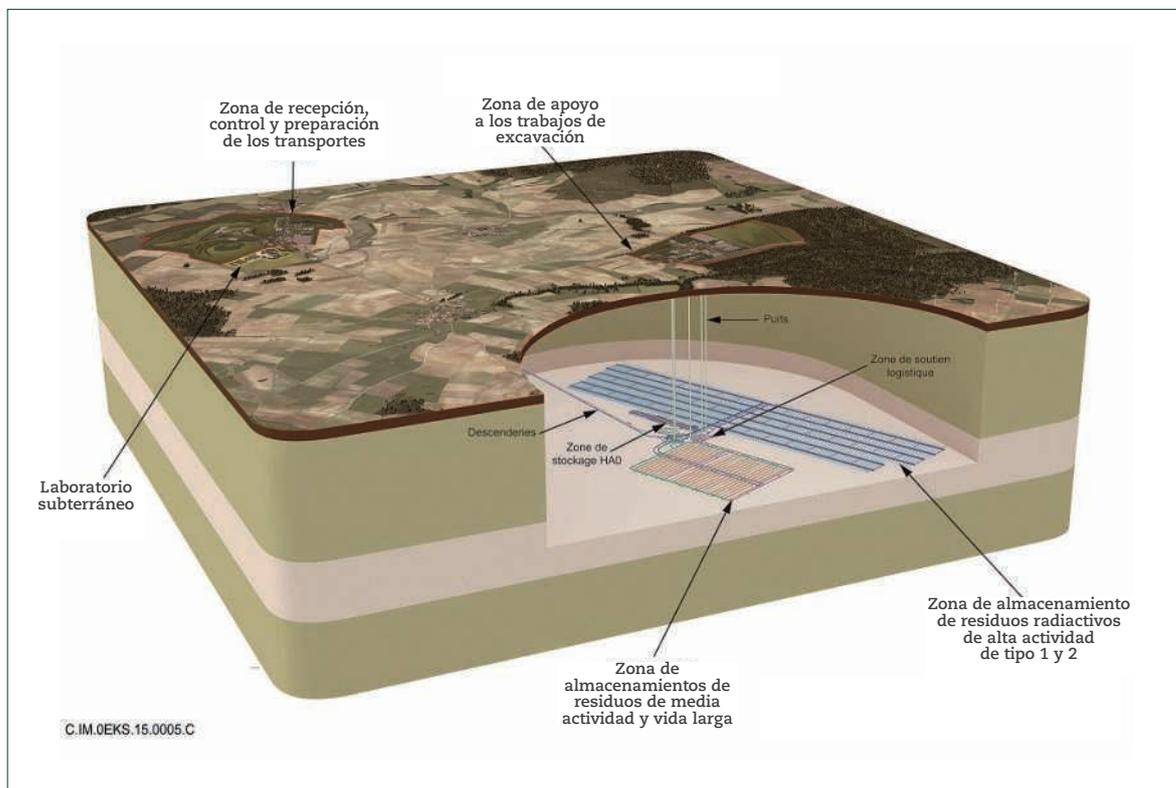
La comisión de seguimiento del acuerdo de cooperación suscrito por Enresa y Andra, la agencia homóloga francesa, se reunió en la sede social de Enresa, en Madrid, el 8 de noviembre. Un grupo de técnicos galos, procedentes del centro de almacenamiento de residuos de baja y media actividad de L'Aube, y de la sede de la agencia en París, se

reunió con técnicos de Enresa para tratar aspectos técnicos específicos que afectan a la operación de las instalaciones de El Cabril y de L'Aube.

Ambos centros comparten estructuras y sistemas de almacenamiento similares, por lo que esta colaboración técnica es enriquecedora para los dos. Los trabajos de esta comisión continuaron al día siguiente en las instalaciones de El Cabril.

El centro de almacenamiento de L'Aube está situado en la región de Champagne. Inició sus actividades en 1992, tras la clausura de la instalación de La Manche, en Bretaña, y tiene capacidad para cerca de un millón de metros cúbicos de residuos radiactivos. La instalación recibe anualmente unos 20.000 bidones de residuos, que llegan al centro en una media de ocho transportes al día. ■

LA ASAMBLEA NACIONAL FRANCESA APROBÓ LA LEY SOBRE LA REVERSIBILIDAD Y LAS MODALIDADES DE CIGEO



Diseño conceptual de las instalaciones de CIGEO.

La Asamblea Nacional de Francia aprobó este verano una ley sobre la reversibilidad de Cigeo, el proyecto de centro de almacenamiento geológico profundo de residuos radiactivos de alta actividad y vida larga que se construirá en la región de Bure.

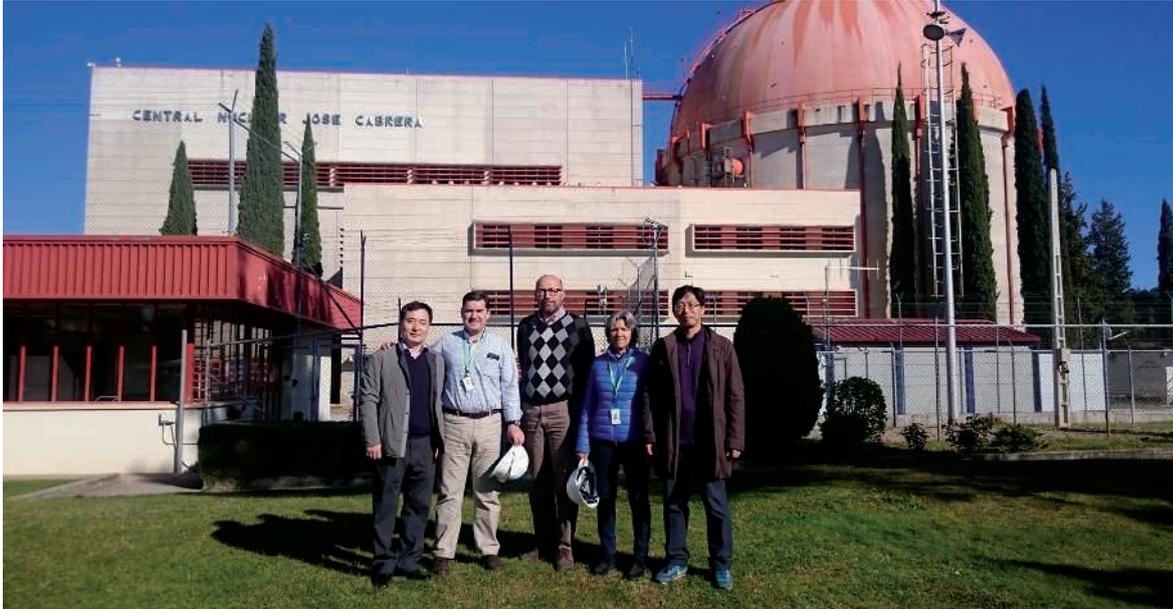
Esta ley, necesaria para la continuación del proyecto, valida las modificaciones del proyecto propuestas por Andra, a raíz del debate público de 2013; define la noción de reversibilidad y establece el inicio de una fase piloto de operación. De acuerdo con la ley de 28 de junio de 2006, sobre la gestión de materiales y residuos radiactivos, la normativa aprobada el 11 de julio de 2016 define la reversibilidad del almacenamiento como “la capacidad de las generaciones sucesivas para continuar con la construcción y operación de sucesivas fases del almacenamiento o para reevaluar las opciones previamente definidas y valorar la evolución de las soluciones de gestión”. Con ello, se proporciona

a las siguientes generaciones una capacidad de decisión en términos técnicos.

Durante la fase piloto, que marcará el inicio de la explotación industrial del centro, se deberá demostrar el carácter reversible y la seguridad del almacenamiento a través de un programa de ensayos in situ y de ensayos de recuperación de los contenedores de almacenamiento. Además, Andra, por su parte, deberá elaborar y poner al día, cada cinco años, un plan director de la explotación que deberá ser acordado con las partes interesadas y con el público.

La solicitud de autorización de Cigeo está previsto que se presente en 2018. Si es aprobada, deberá votarse una nueva normativa legal en la que se fijará la duración mínima durante la cual la reversibilidad del almacenamiento deberá estar asegurada y que no podrá ser inferior a cien años. ■

CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA

DIRECTIVOS DE LA EMPRESA COREANA KHNP VISITAN ZORITA

© Enresa

La delegación coreana en la central nuclear de José Cabrera junto a personal de Enresa.

Directivos de la compañía coreana Korea Hydro & Nuclear Power se desplazaron en noviembre hasta España para conocer con detalle aspectos relativos al desmantelamiento de instalaciones nucleares. Para ello, visitaron la central nuclear José Cabrera, donde visualizaron la ejecución y el estado de avance de los trabajos que Enresa desarrolla en la instalación alcarreña.

La visita se completó con unas sesiones de trabajo celebradas en la sede social de Enresa, en

Madrid, en las que se avanzó en la discusión de futuras vías de colaboración entre ambas empresas.

Para el año que viene, KHNP tiene previsto parar su unidad de Kori 1, el primer reactor comercial que dejará de generar electricidad en Corea del Sur. Se trata de un reactor tipo PWR, con una capacidad de 587 MW. KHNP produce el 30% de la energía eléctrica de Corea del Sur. ■

BOMBEROS DE GUADALAJARA PARTICIPAN EN UN EJERCICIO DE EXTINCIÓN Y RESCATE EN ZORITA

Un equipo de extinción perteneciente al Consorcio Provincial de Bomberos de la Diputación de Guadalajara (CEIS) participó este otoño en una jornada formativa en la central nuclear "José Cabrera". Esta actividad se enmarca dentro del convenio de colaboración firmado entre Enresa y el Consorcio, a través del cual este cuerpo está en disposición de intervenir en la instalación en caso de incendio o actuaciones de rescate, si así se requiere.

El convenio, firmado hace tres años, comprende la intervención complementaria del CEIS Guadalajara en Zorita en los supuestos de extinción de incendios, salvamento, colaboración en actividades de prevención y formación, y establece la realización de un ejercicio anual de actuación conjunta en la planta, que se desarrolló en el mes de noviembre.



© Enresa

Instante del ejercicio de evacuación de personal accidentado desarrollado en la central José Cabrera.

La práctica consistió en la simulación de una situación de incendio en la zona del Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la central, así como en la evacuación de un hipotético accidentado. ■

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera sigue avanzando para retornar el emplazamiento a su estado original

UNA INSTALACIÓN DE LAVADO DE TIERRAS PARA ZORITA

Con un avance del orden del 80%, los trabajos de desmantelamiento que Enresa acomete en la central nuclear José Cabrera han alcanzado una etapa singular y específica dentro del proyecto. A partir del próximo año, una de las tareas más relevantes será la gestión de hormigones y tierras. Para el tratamiento de estas últimas, de aquellas que han sido afectadas por contaminación radiológica, se va a utilizar una planta de lavado de suelos. A primera vista, si no se tienen nociones previas, alguien puede pensar cómo es posible “lavar la tierra”. Pero, como suele ocurrir en estos casos, la ingeniería tiene la explicación.

Texto: **ÁLVARO ROJO Y CRISTINA CORREA (ENRESA)**

Fotos: **ÁLVARO ROJO, GABRIEL RUIZ, JAVIER NÚÑEZ**

Vista general de todas las infraestructuras que conforman la instalación de lavado de tierras.



La planta de lavado de tierras de Zorita, cuya instalación fue aprobada por el pleno del Consejo de Seguridad Nuclear en julio de 2016, se encuentra situada en la parte este del emplazamiento de la central nuclear José Cabrera. Su función es la de gestionar y tratar los suelos afectados por contaminación radiológica, utilizando técnicas de descontaminación. Para ello, separa las partes más finas (limos y arcillas), donde se concentra la mayor parte de la contaminación, de las más gruesas (arenas y gravas), que suelen ser más limpias y cuya contaminación es, en general, desprendible. De esta manera, se reduce el volumen y generación de residuos radiactivos de muy baja actividad.

Este método de descontaminación concentra los contaminantes

en un volumen mucho menor (en una especie de “torta”) que deberá ser gestionado como residuo. El resto del material, una vez limpio y desclasificado radiológicamente, se podrá gestionar como material convencional.

La capacidad de tratamiento de la planta, por su diseño, es de 10 toneladas/hora, y su operación, que se realiza siempre en húmedo, tendrá lugar en forma de tandas de unas 500 toneladas. Consta de cuatro líneas principales de tratamiento y cuatro acopios.

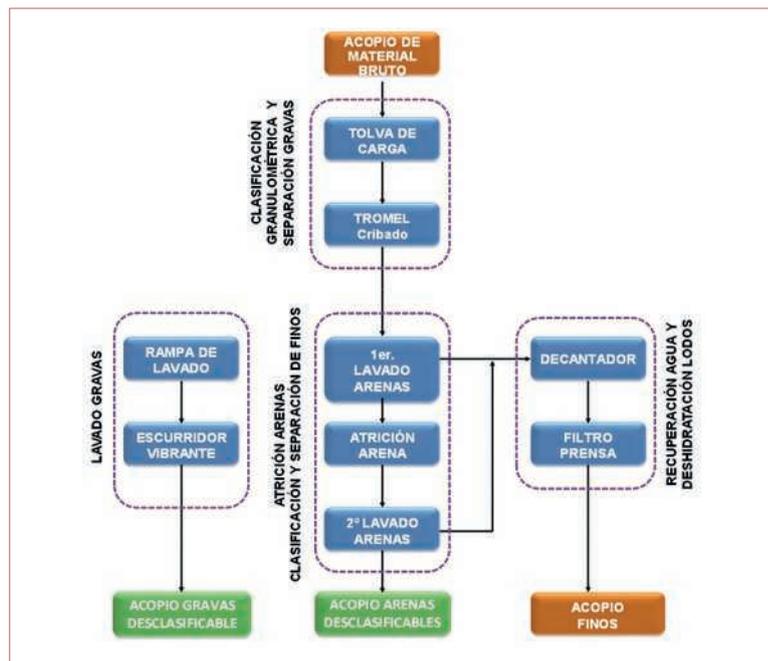
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE LAVADO DE SUELOS

A lo largo del tratamiento, se realizan diferentes controles radiológicos en los acopios y en la línea de recuperación de agua, con el fin de medir la efectividad de los diferentes procesos realizados y decidir la gestión final de los

materiales, o bien como desclasificables o bien como residuos.

CANTIDADES DE MATERIAL QUE VA A TRATAR

La planta de lavado de tierras de la central nuclear José Cabrera estará en funcionamiento durante dos años, a medida que vayan avanzando los trabajos de demolición de los diferentes edificios de la instalación. Para calcular la cantidad de tierras a tratar, se han considerado los resultados de las campañas de caracterización radiológica de terrenos realizadas. La estimación inicial es que se requiere un movimiento de tierras de, aproximadamente, 18.000 toneladas. De esta cantidad, se enviará al proceso de desclasificación de materiales la mitad. Las 9.000 toneladas restantes serán las que sean tratadas en la planta de lavado, obteniéndose una eficacia del proceso de entre un 40 y un 70%.



Esquema de las diferentes partes de proceso de tratamiento de las tierras, así como su destino final, según éstas sean tratadas en la planta de lavado de la central José Cabrera.

UNA TÉCNICA CONSOLIDADA Y EFICAZ

La elección de esta técnica dentro de los trabajos de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera responde a varios factores. Entre las principales ventajas del lavado de suelos se encuentran su facilidad de implantación (por la experiencia existente al basarse en técnicas de la industria minera), la rapidez relativa del proceso y la capacidad de operar con grandes volúmenes de material. A ello se une la existencia de experiencias con resultados positivos, tanto a escala de laboratorio como a escala industrial.

Esta metodología se encuentra consolidada tanto en Europa, como en Estados Unidos (EEUU) y Japón para el tratamiento de suelos contaminados orgánica e inorgánicamente. También ha sido usado con éxito en EEUU, Corea, Rusia y recientemente en Japón para el tratamiento de suelos contaminados radiológicamente.

En España, se está utilizando este proceso en el embalse de Flix, en la provincia de Tarragona, contaminado por vertidos químicos. Este proyecto de descontaminación constituye un referente importante para la restauración ambiental, dada la variedad de los contaminantes allí presentes, tales como organoclorados, metales pesados y radionucleidos. Antes de implantar la técnica en Zorita, se visitaron las instalaciones de Flix y se realizaron los correspondientes ensayos de laboratorio, que permitieron valorar la efectividad y viabilidad del tratamiento. Todo con el objetivo de, una vez terminado el desmantelamiento, devolver el emplazamiento a su situación radiológica inicial. ■

EL PROCESO



Alimentación de material. Previamente, se separa el material de tamaño superior a 100 mm, en la zona de acopio de entrada. Posteriormente, se aporta el material en la tolva de la plataforma de carga.



Línea de clasificación granulométrica y separación de gravas. Desde la tolva, se trasladan las tierras, mediante la cinta de alimentación de banda transportadora, hasta el primer equipo de lavado: cilindro de lavado ("tromel"). La mezcla de tierra lavada y agua de lavado se conduce por gravedad a una criba vibrante inclinada que permite clasificar granulométricamente.



Línea lavado de gravas. Las gravas se lavan en una rampa y se pasan por un escurridor vibrante. Desde este punto, se conducen mediante una cinta transportadora hasta el acopio de gravas desclasificables.



Separación de finos y lavado de arenas. La separación entre arenas y finos tiene lugar a través de dos fases de hidrociclado, antes y después de proceso de lavado denominado atrición. Las arenas se descontaminan mediante un proceso de rozamiento desprendiéndose la contaminación adherida. Las arenas obtenidas, una vez escurridas, se conducen por medio de una cinta transportadora hasta el acopio de arenas desclasificables.



Recuperación de agua y deshidratación de finos. El material más fino y tras un proceso de decantación, se envía a la etapa de filtración.



Etapa de filtración. La etapa de filtración se realiza mediante un filtro-prensa en el cual se consigue concentrar todo el material fino compactado en condiciones adecuadas ("tortas").



Almacenamiento del residuo. El residuo generado (las "tortas") se almacena en big-bag adecuados para su posterior gestión por Enresa.



Línea de tratamiento de agua. El agua procedente de la deshidratación de finos se reincorpora al proceso o se envía a la Desplanta de tratamiento de agua. Ésta incluye los tratamientos hidratación planta de filtración e intercambio iónico (caso de ser necesario), que garantizarán el cumplimiento de los criterios radiológicos y medioambientales de vertido.



Vista de un vertedero de residuos industriales.

© CIEMAT

LA GESTIÓN CONVENCIONAL DE LOS
RESIDUOS GENERADOS EN LAS INDUSTRIAS NORM

USO DE VERTEDEROS DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Hasta la publicación del Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RPSRI), no se planteó que las actividades laborales que pudieran incrementar la exposición a las radiaciones ionizantes naturales podían controlarse. En él se incluyó a las industrias NORM, en las que se almacenan o manipulan materiales o residuos que, sin ser radiactivos, contienen radionucleidos naturales en niveles que podrían producir incrementos significativos en las exposiciones. En 2013, una Orden Ministerial establecía poder hacer una gestión convencional de estos residuos y, como los vertederos de residuos industriales ha sido una opción muy utilizada, Enresa y Ciemat han colaborado para conocer qué problemas habría para seguir usándolos..

Autor: **JUAN CARLOS MORA Y ALLA DVORZHAKUNIDAD DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE DEL CIEMAT**

LA NUEVA REGULACIÓN SOBRE RADIATIVIDAD NATURAL

Los Materiales Radiactivos de Procedencia Natural (NORM utilizando su acrónimo en inglés), así como las industrias que los generan, ya se contemplaban en el Título VII del “Reglamento para la protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes” de 2001 (RD 783/2001) dentro de las actividades laborales en las que se incrementa la exposición a la radiactividad natural, tanto al público como a los trabajadores. Debido a las dificultades que planteaba su aplicación práctica, en 2010 se publicó una modificación a dicho Título VII (RD 1439/2010), en la que se especifican las responsabilidades en cuanto a la exhortación y realización de los estudios necesarios, se indica la necesidad del registro (mediante declaración) de esas actividades laborales, así como la forma en la que deben realizarse las evaluaciones radiológicas en las mismas y cuál ha de ser su contenido. En 2012 se publica la IS-33 del CSN sobre “Criterios radiológicos para protección frente exposición a radiación natural” en la que se detallan, entre otras cuestiones, los criterios radiológicos, en términos de dosis efectiva, a partir de los cuales son necesarios mayores niveles de control regulador, se añade un listado de aquellas industrias NORM que deben realizar los estudios radiológicos y se incluye el contenido que deben tener las declaraciones de las actividades. También en 2012 se publica la Guía de Seguridad del CSN GS-11.02, para el “Control de la exposición a fuentes naturales de radiación”, donde se desarrollan los contenidos que deben poseer los estudios radiológicos y se especifican ni-

veles de exención para materiales con contenido radiactivo natural. Posteriormente, en 2013, se publican las Guías de Seguridad del CSN GS-11.03 y GS-11.04, conteniendo las metodologías para la evaluación del impacto radiológico de las industrias NORM y de la exposición al radón en los lugares de trabajo respectivamente, donde se recomiendan las metodologías a utilizar para llevar a cabo las evaluaciones del impacto radiológico requeridas. Finalmente, también en 2013, se publica la Orden Ministerial IET/1946/2013 “por la que se regula la gestión de los residuos generados en las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales” en la que se determinan los valores dosisimétricos que deben cumplirse para que un residuo NORM pueda gestionarse desde un punto de vista convencional. En estos momentos, y tras la publicación en 2014 de las Normas Básicas de Seguridad Europeas (la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de 5 de diciembre de 2013), se estudian las implicaciones y modificaciones que se deberán llevar a cabo, también en estos aspectos, para su completa transposición a la legislación nacional, prevista para el año 2018.

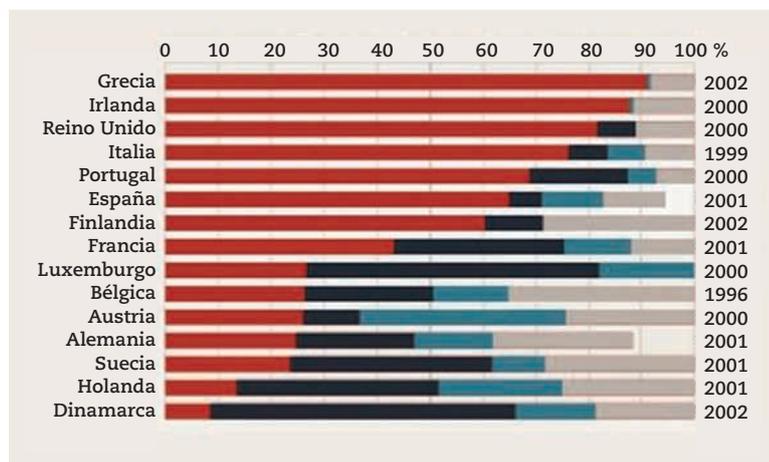
BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

Es evidente que esta batería de nueva legislación, y las posibles modificaciones derivadas de la transposición de las NBS, son relevantes para la actividad de Enresa, entre otras cosas porque en ellas se definen qué materiales residuales con contenido en radiactividad natural deben ser gestionados como residuo radiactivo.

Por ello Enresa promovió una serie de proyectos, entre ellos algunos con el CIEMAT, destinados a conocer el alcance de dicha legislación y a desarrollar, de forma práctica, las necesidades derivadas de esta nueva legislación sobre NORM.

En primer lugar se hacía necesario conocer el estado del arte sobre la cuestión, para lo que se llevó a cabo una “Revisión bibliográfica de los estudios realizados en Europa y en España sobre los aspectos radiológicos en las industrias que utilizan materiales NORM”. Además se elaboró un “Análisis genérico de las tipologías de materiales residuales NORM y soluciones técnicas para su gestión” y se analizó la “Situación actual en España de

Figura 1.- Gestión de residuos convencionales – en porcentaje – generados en los países de la UE (rojo – vertederos, negro – incineración, gris – reciclado, azul – compostaje). Fuente OCDE, Eurostat, 2002 y 2001.



España es, en un gran porcentaje, uno de los países europeos en los que se utiliza mayoritariamente la eliminación en vertedero para la gestión de los residuos industriales

las actividades laborales e industrias que usan NORM y de sus materiales residuales”. Con estos desarrollos pudo hacerse una estimación preliminar de cuáles serían las cantidades de residuos, con un contenido significativo en radiactividad natural, que se generaban en cada tipo de industria NORM, amén de su distribución en función de la concentración de actividad de los distintos radioisótopos naturales.

Una vez definido el problema podía estudiarse la posible gestión, mediante métodos convencionales, de dichos residuos. Debe tenerse en cuenta que el uso de métodos de gestión convencional sobre los residuos generados en

estas industrias (ahora bajo la regulación para NORM) era la opción utilizada de modo habitual, antes de que se considerara su contenido en radiactividad natural, y que España es, en gran porcentaje, uno de los países europeos en los que se utiliza la eliminación en vertedero mayoritariamente para la gestión de los residuos industriales (Figura 1). Entre otras alternativas, la eliminación de residuos industriales en vertederos estaba regulada (en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por ejemplo) y se tenía en cuenta la protección del medio ambiente mediante la aplicación de múltiples barreras, naturales y de ingeniería. Esta protección considera la peligrosidad

–o toxicidad– de los residuos eliminados en estos vertederos, categorizándose como vertederos de residuos inertes, vertederos de residuos no peligrosos y vertederos de residuos peligrosos, con mayores exigencias en las barreras a medida que se incrementa dicha toxicidad. Se hacía necesario conocer en profundidad el tratamiento de estos residuos convencionales para poder evaluar, posteriormente, si seguía siendo válido para su gestión bajo la óptica de los NORM. Para ello se elaboró una guía sobre la “Gestión de residuos convencionales (no radiactivos) en vertederos de España” que recoge en detalle las características de este tipo de gestión convencional.

Ya adquirido el conocimiento necesario, y tras la publicación de los criterios básicos en cuanto a la exención de los residuos con contenido significativo en radiactividad natural y a los criterios dosimétricos aplicables en estas situaciones, recogidos en la Orden IET/1946/2013, fue posible llevar a cabo los estudios necesarios para que la alternativa de la eliminación de residuos NORM mediante vertedero pudiera contemplarse como una opción viable.

Como parte del proyecto NORM-MIMA, financiado por Enresa, se iniciaron varias actividades encaminadas al desarrollo técnico de lo anteriormente expuesto. La primera de ellas examinó la posibilidad de establecer valores genéricos, a nivel nacional, de la concentración de actividad y de las masas de residuos que podrían ser gestionados en vertederos de residuos peligrosos y no peligrosos. Para ello se siguieron los mismos pasos utilizados en otros países europeos (véase por ejemplo el documento

Tabla 1.- Masas de residuos NORM (toneladas) que podrían ser gestionadas en los vertederos de residuos peligrosos.

| Vertedero de residuos peligrosos | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (20 m) | | (55 m) | |
| Dosis efectiva a los trabajadores del vertedero | | | | |
| | 1 mSv/a | 6 mSv/a | 1 mSv/a | 6 mSv/a |
| 10 Bq/g | 7.2×10 ⁴ | 4.3×10 ⁵ | 2.0×10 ⁵ | 1.2×10 ⁶ |
| 50 Bq/g | 1.5×10 ⁴ | 9.0×10 ⁴ | 4.0×10 ⁴ | 2.4×10 ⁵ |

Tabla 2.- Masas de residuos NORM (toneladas) que podrían gestionarse en vertederos de residuos no peligrosos.

| Vertederos de residuos no peligrosos | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | (20 m) | (55 m) |
| Escenario residencial (1 mSv/a) | | |
| 10 Bq/g | 1.4×10 ⁴ | 3.8×10 ⁴ |
| 50 Bq/g | 2.7×10 ³ | 7.7×10 ³ |

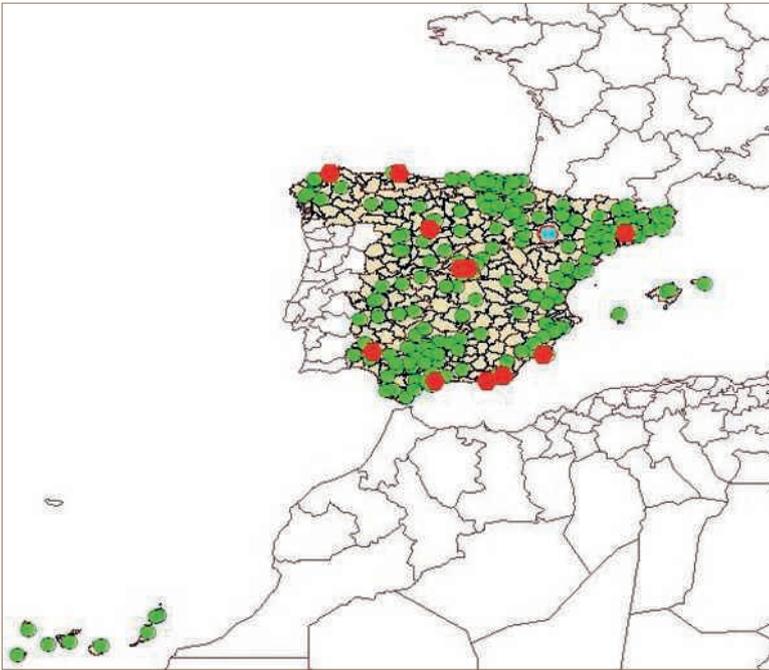


Figura 2.- Mapa de vertederos de residuos no peligrosos (verde) y peligrosos (rojo) elaborados a partir del Registro PRTR-España.

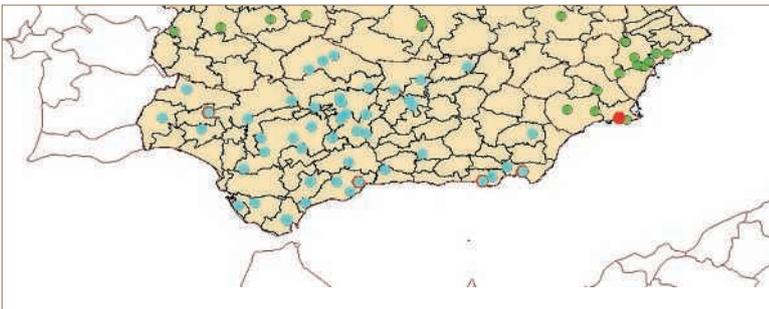


Figura 3.- Mapa de vertederos de residuos no peligrosos y peligrosos de la Comunidad Autónoma de Andalucía (azul).

HPA-CRCE-001), adaptándose a las peculiaridades climatológicas españolas y estudiando las incertidumbres incluidas en una evaluación de este tipo. Como resultado de la evaluación realizada se propusieron las cantidades de residuos NORM –procedentes de cualquiera de las industrias NORM– que, para dos concentraciones de actividad establecidas a priori, podrían eliminarse en vertederos de residuos peligrosos y no peligrosos de forma que las dosis efectivas, para los trabajadores de los vertederos o para los miembros del público, en el

presente o en el futuro, fuesen inferiores a los criterios establecidos en cualquier situación. Las cantidades propuestas (Tablas 1 y 2) se encontrarían entre las 2.7 kt y las 1.2 Mt, en función de las condiciones del vertedero, del tipo de vertedero y de las condiciones iniciales elegidas, de concentración de actividad y dosis efectiva. Estas cantidades resultaron ser del mismo orden de magnitud que las calculadas en otros trabajos que habían utilizado hipótesis de partida y modelos distintos, lo que dio solidez a las conclusiones establecidas.

La segunda de las actividades fue la elaboración de una base de datos con información sobre los vertederos peligrosos y no peligrosos en España, a partir del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes (PRTR-España). Dicha base de datos permite, entre otras funcionalidades, estudiar la geolocalización de estos vertederos a nivel nacional (Figura 2) o regional (Figura 3), si bien deberá actualizarse periódicamente para que contenga datos válidos en todo momento.

La última de estas actividades, desarrolladas como parte de NORMIMA, y relacionadas con la eliminación en vertederos convencionales de residuos procedentes de industrias NORM, ha sido el comienzo de una base de datos en la que se está incluyendo información de las empresas que podrían catalogarse como tales. A partir de esta base de datos puede representarse la información geográfica sobre mapas, de nuevo tanto a nivel nacional (Figura 4) como regional (Figura 5), o puede conocerse qué tipo de industria NORM aglutina el mayor número de empresas en España (Figura 6).

LAS NECESIDADES FUTURAS

Se hace patente, tras esta breve exposición de la situación actual, el ingente trabajo que es necesario llevar a cabo tras la aparición de la nueva reglamentación, referente a las industrias NORM. Desde nuestra unidad en el CIEMAT, en colaboración con Enresa, ya hemos realizado varios desarrollos, como los presentados anteriormente, que posibilitan posteriores actuaciones. Sin bien las tareas faltantes

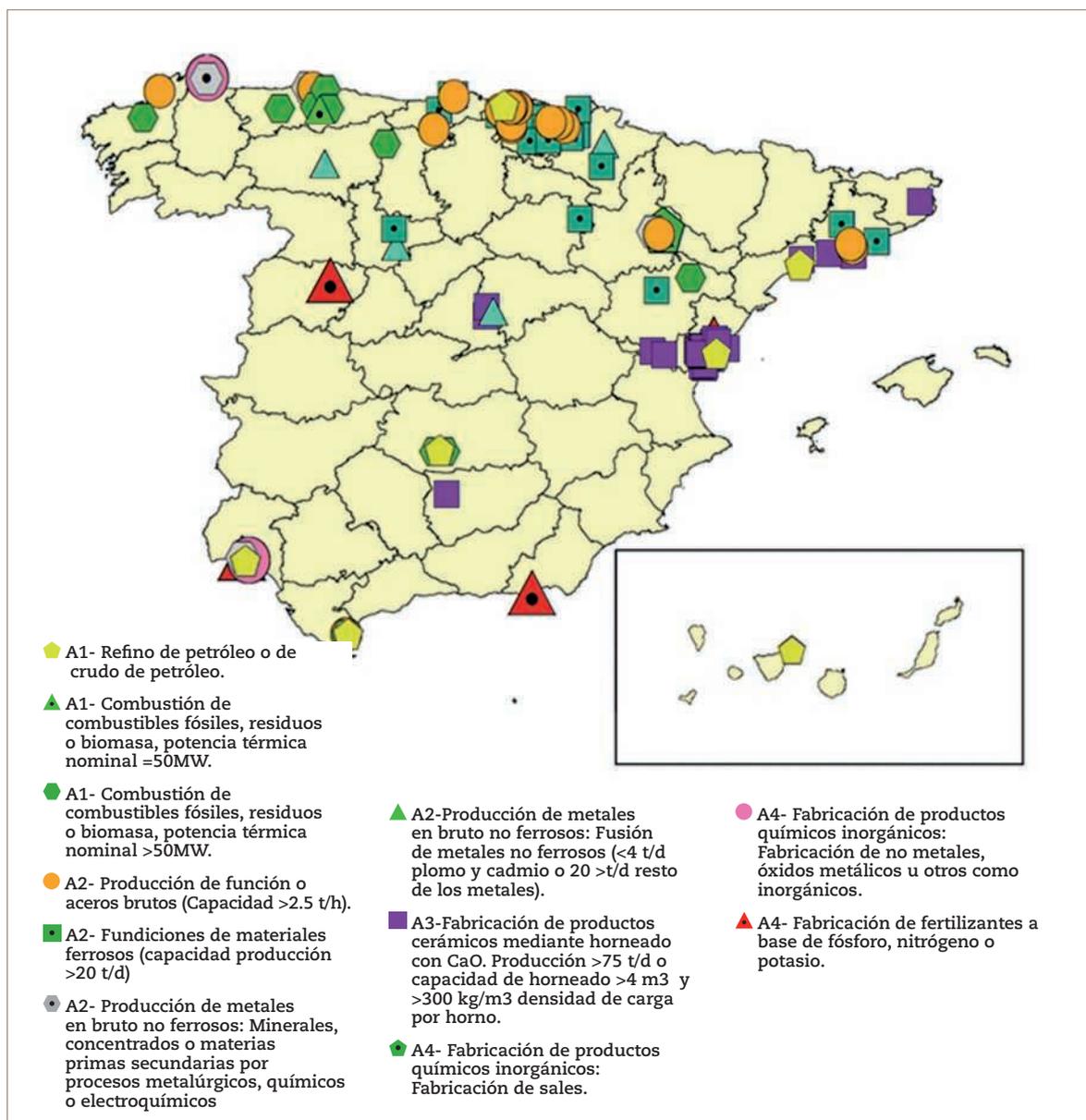


Figura 4.- Mapa de España con la distribución de las empresas correspondientes a las distintas industrias NORM.

son aún muchas, ya se poseen herramientas para llevarlas a cabo.

Por un lado, conocer las cantidades de residuos NORM generadas en estas industrias –aún de forma aproximada– con concentraciones de actividad superiores a los niveles de exención, posibilita estimar las posibles formas de gestión aplicables, además de

que permite prever los recursos que será necesario destinar a dicha gestión.

Por otra parte, es importante encontrar los puntos convergentes entre la legislación sobre NORM y la legislación sobre residuos convencionales. En este sentido, saber si la eliminación de este tipo de residuos en vertederos convencionales cumple los re-

quisitos exigidos, desde el punto de vista de la protección radiológica, posibilitará la continuación de su uso. Por supuesto siempre asegurando que la gestión se lleva a cabo bajo las exigibles condiciones de seguridad, tanto para los trabajadores como para los miembros del público. Nuestra primera estimación, extremadamente conservadora, sobre las cantidades de residuos

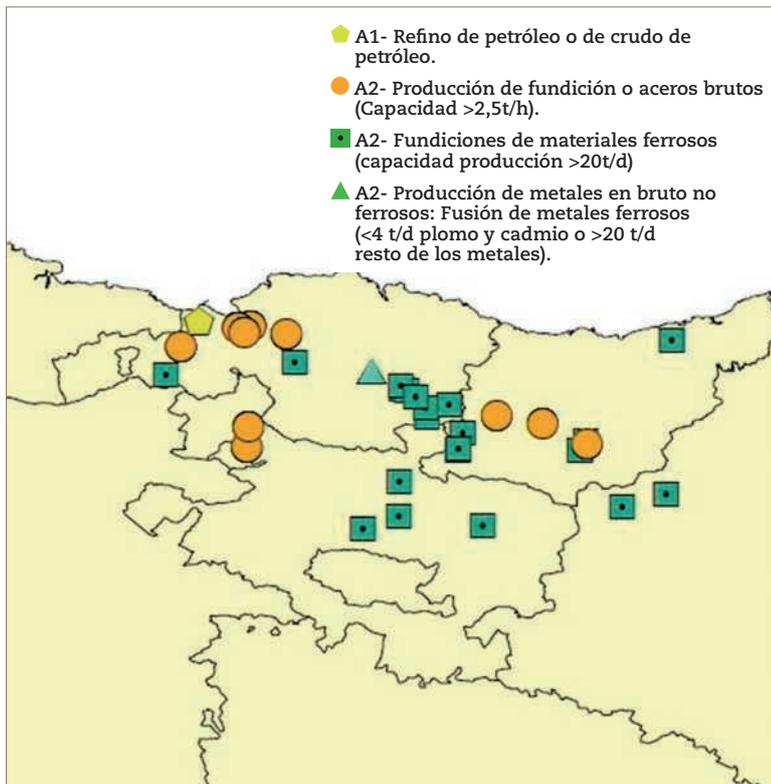


Figura 5.- Mapa de las empresas correspondientes a las distintas industrias NORM en el País Vasco.

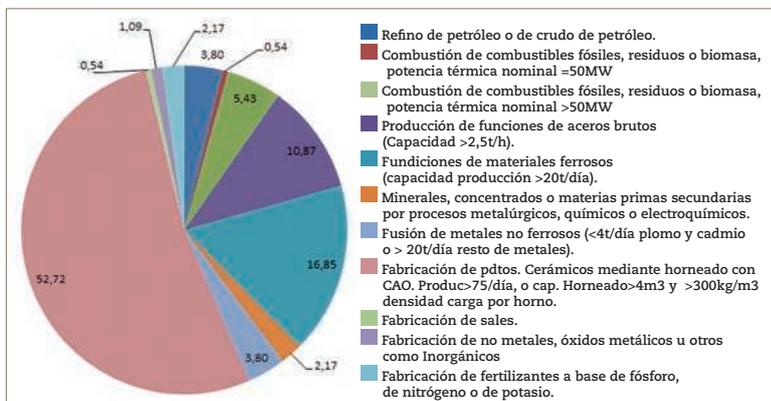


Figura 6.- Distribución de las empresas según tipo de actividad considerada NORM.

NORM que podrían eliminarse en estos vertederos es un primer paso, que permite avanzar en futuros análisis. En particular la metodología desarrollada puede utilizarse para llevar a cabo evaluaciones prospectivas más detalladas, en las que se podrán incluir las características de un residuo NORM específico, que procede de una empresa NORM determinada, y utilizando las

características de un vertedero dado.

Finalmente, un inventario detallado de las empresas españolas que deben considerarse bajo el epígrafe de industrias NORM, cruzado con otro inventario que contenga las características de los vertederos de residuos peligrosos y no peligrosos, permitirá optimizar la

gestión de esos residuos NORM aplicando análisis multicriterio, incluyendo por ejemplo la capacidad de los vertederos, la distancia empresa-vertedero o la concentración de actividad de cada radionucleido natural en el residuo.

Y AÚN HAY MÁS FUTURO

En cualquier caso, algunas cuestiones permanecen aún abiertas y merecerán un análisis futuro más detallado, sin ser muchos de ellos problemas exclusivos de los residuos NORM. Uno de ellos es, por ejemplo, la evaluación de la degradación de las barreras naturales y de ingeniería utilizada en los vertederos convencionales. Otro aspecto a estudiar son los periodos que es necesario considerar en las evaluaciones de dosis sobre residuos NORM, al tratarse de radionucleidos con semiperiodos muy elevados. Y por supuesto, debe conocerse cuál es la influencia que estos radionucleidos tendrán en las aguas subterráneas, una vez que las distintas barreras se hayan degradado o en aquellos casos en que los vertederos no cumplan la legislación vigente, porque se trate de vertederos antiguos por ejemplo. Y, claro, hay otros problemas no ligados a la gestión convencional, para aquellos residuos NORM que se clasifiquen como residuos radiactivos, para los que deberá diseñarse una estrategia adecuada, por ejemplo utilizando repositorios diseñados al efecto (almacenamientos de residuos NORM), al estilo de lo que otros países europeos ya están llevando a cabo. Pero todo esto forma parte del excitante futuro de los NORM. ■



LUIS MORENO LORENTE, DOCTOR INGENIERO INDUSTRIAL Y CATEDRÁTICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

“LOS PAÍSES MÁS ROBOTIZADOS SON LOS QUE MÁS RIQUEZA Y MÁS EMPLEO TIENEN”

Este madrileño, autor de una docena de libros sobre robots, tuvo claro desde el principio hacia dónde orientar sus pasos: ingeniería industrial, robótica, mecatrónica y automatización. Desde entonces, ha centrado sus esfuerzos en mostrar los beneficios que aportan estas materias. No sólo con sus lecciones en la Universidad Carlos III, también como investigador en proyectos como Smart Technology for Artificial Muscle Applications in Space (STAMAS), que desarrolla exoesqueletos para facilitar el trabajo a los astronautas, o Robohealth, para diseñar robots de asistencia y de rehabilitación que mejoren la calidad de vida de los pacientes. Luis Moreno asegura que la robótica está pensada para ayudar al ser humano, no para ser su competidora.

Texto: **GERMÁN HESLES**

Fotos: **UNIVERSIDAD CARLOS III**

El fin de la robótica es automatizar la calidad de determinados procesos, salvaguardando y mejorando la vida de las personas. Desde el empleo de los primeros robots industriales hasta los exoesqueletos, miles de investigadores han aplicado la física y las matemáticas para, sirviéndose de las últimas tecnologías, desarrollar robots que faciliten o hasta permitan llevar a cabo ciertas tareas. Es el caso de Luis Moreno Lorente, quien, desde su cátedra en la Universidad Carlos III de Madrid, participa en los proyectos robóticos más ambiciosos de la Unión Europea.

Se suele asociar robots a humanoides y a inteligencia artificial, pero no es una vinculación del todo acertada...

Lo que inicialmente llamábamos robot es lo que hay en las fábricas. Básicamente es un manipulador fijo que dispone de una serie de articulaciones que se pueden controlar con unos programas y que es posible modificar en función de las necesidades productivas. Los robots industriales de las primeras generaciones se basaban en la función de cada articulación y en movimientos muy repetitivos, pero tenían muy pocos sensores, porque no les hacía falta percibir nada del entorno. Son robots mecánicamente bien elaborados, pero no son lo que hoy entendemos por 'inteligentes'. Y estos robots son el 99,98% de los robots que existen en la actualidad.

Quizá habría que empezar por una pregunta muy simple: ¿Qué es un robot?

Una máquina programable con elementos móviles.

Entonces... ¿Un dron es un robot? ¿Y la aspiradora que va por toda la casa sin que nadie la maneje?

El primero es una clase particular de robot: no tiene ninguna parte móvil, pero él sí se mueve. El segundo es un robot móvil... También el coche que aparca solo. Eso sí, lo que comercializan como robot de cocina no es más que una batidora avanzada.

En la evolución de la robótica, ¿cuándo y cómo se produce el salto de la industria a la investigación puntera?

Lo que empezó en la industria, se desarrolla de otra manera al llegar a la universidad. Se comenzó a diseñar robots que se movían por el entorno, vehículos muy pequeños con sensores de ultrasonidos para percibir obstáculos y que actuaban dependiendo de lo que percibían. En esos robots móviles se trabajó mucho en los años 80. Es más, todos los algoritmos que se usan para que los automóviles aparquen solos fueron resueltos por la robótica hace más de 30 años. Con el tiempo, se hicieron más complejos. Los primeros se movían sobre dos ruedas y se diseñaron para transitar por una fábrica, por un espacio diáfano, pero no eran aptos para un entorno típico humano, con

muchos más obstáculos. El espacio de las personas está pensado para trabajar en vertical: los seres humanos somos muy estrechos y nos movemos bien en sitios pequeños. El siguiente paso fue plantear la posibilidad de diseñar robots que se pareciesen mecánicamente a un ser humano para poder trabajar en entornos humanos. Japón fue el primero en este campo y el resto de países comenzó, prácticamente, 20 años después.

¿Qué características tienen esos robots humanoides?

Los humanoides son algo muy atractivo, pero, para fabricar uno, primero hay que desarrollar una mecatrónica muy avanzada, simplemente para que se mantenga de pie. Eso no pasa con un robot móvil, que tiene ruedas, y menos aún en un robot industrial, que está anclado al suelo. Un humanoide necesita soluciones para el control de equilibrio. A medida que los sensores y la potencia de computación se mejoraron, se fueron introduciendo sensores más sofisticados, que les permitían percibir razonablemente el entorno, incluso de tipo inercial

Una dedicación nada 'maquinal'

Luis Moreno Lorente es doctor Ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 2009, es catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática en la Universidad Carlos III de Madrid.

Entre sus líneas de investigación destacan las de robots móviles, manipuladores móviles, robots ligeros, exoesqueletos, actuadores avanzados, planificación de caminos, navegación, percepción y modelado del entorno, y localización de robots.

Actualmente, participa en diversos proyectos europeos:

- STAMAS para el desarrollo de trajes espaciales basados en materiales inteligentes
- Robohealth para el desarrollo de exoesqueletos para la rehabilitación de miembros superiores
- Túnel, para aplicar métodos de modelado del entorno y localización para maquinaria pesada en túneles.

Con el proyecto **Smart Technology for Artificial Muscle Applications in Space (STAMAS)** se trata de hacer un equivalente a los músculos mediante materiales que disponen de memoria de forma, como la que tienen los hilos de níquel y titanio, que al calentarse se contraen y son capaces de ejercer mucha fuerza

para saber cómo estaba el robot. En el robot humanoide es fundamental que disponga de una mano artificial para manipular objetos, y el desarrollo de las manos es, prácticamente, tan complejo como el desarrollo del humanoide.

¿En qué punto está la robótica?

A mí me gustaría tener un robot en casa que planchase o me hiciese

un sándwich, pero quedan muchos problemas por resolver, como, por ejemplo, la comprensión del entorno: el robot puede distinguir, pero no comprende lo que ve, y también debe entender una orden. En ese sentido, se está trabajando mucho en la formulación semántica. A una persona le dices que te prepare un sándwich y sabe que tiene que ir a la cocina, sacar el pan, colocarlo en un plato, abrir

la nevera, coger el fiambre y poner las lonchas sobre el pan... ¡A ver cómo se le explica esto a un robot!

¿Qué tipos de robots se fabrican hoy en día?

En la actualidad hay robots industriales, con un entorno muy acotado y sin necesidades importantes de percepción, y robots de servicios, móviles y con altísimas capacidades de comunicación, capaces de hablar y entender, algo que permite interconectar lo que sea con el mundo. Por ejemplo, pueden guiar al visitante por un museo. Este tipo de robot ya está en condiciones de comercializarse, pero se trata de un robot que no manipula, que no tiene capacidad para abrir una puerta. Sí se puede poner frente a ella y, si tiene algún tipo de mecanismo que se conecte con la puerta, abrirla, pero no lo hará él mecánicamente. No obstante, estos robots son de gran



Luis Moreno Lorente, a la derecha, junto a parte de su equipo y uno de sus proyectos robóticos.

utilidad para personas mayores que viven solas: pueden hablar con ellas, llamar a otras personas, recordar la hora de la medicación...

A la sociedad le atraen los robots, pero, al mismo tiempo, también le generan cierto ‘miedo

Históricamente, la tecnología siempre ha dado miedo. Todo lo que implica cambio se siente como una amenaza y más en una época de crisis, en la que se cree que cuantos más robots haya, más despidos se producirán. Pero esto no es así: los países con más robots son los que más riqueza y más empleo tienen. Precisamente, suele ser todo lo contrario: una empresa que no se robotiza en el momento adecuado, es una compañía que desaparece. Lo que pasa es que cualquier cambio tecnológico implica tensión. Es cierto que en algunos procesos se reduce personal, pero se debe contratar a otros trabajadores para nuevas tareas: mantenimiento, programación, investigación... Una empresa debe manufacturar artículos con calidad y por eso se robotiza. Si no se dispusiera de robots, no tendríamos, entre otras muchas cosas, de teléfonos móviles, porque la mano humana no tiene la precisión necesaria para montar los chips que se necesitan en el tiempo que se requiere.

¿Qué relación existe entre los robots y la inteligencia artificial?

Desde el punto de vista de la investigación son dos procesos independientes, pero llega un momento en el que se unen. No existirán robots humanoides si no se les aporta inteligencia artificial, machine learning, sintetizadores de voz, actuadores... La robótica es un banco de prueba donde se integran todas las tecnologías y los robots tienen que

aprender -al igual que hacen los niños- a agarrar un taza porque ve cómo se hace cientos de veces. Si hubiera que programar cómo se agarra una taza se necesitaría el trabajo de 30 ó 40 ingenieros y eso es inviable económicamente.

¿Cuál es su aportación al proyecto Smart Technology for Artificial Muscle Applications in Space (STAMAS), financiado por la Unión Europea para desarrollar exoesqueletos que emplearán los astronautas en la Estación Espacial?

Lo que hemos tratado de hacer es un equivalente a los músculos mediante materiales que disponen de memoria de forma, como la que tienen los hilos de níquel y titanio, que al calentarse se contraen y son capaces de ejercer mucha fuerza. Son materiales inteligentes que posibilitan fabricar elementos más ligeros y flexibles, algo básico ya que uno de los problemas que hay en el espacio es el peso. Los trajes de los astronautas son presurizados con varias capas y vencer las capas y la presión del traje requiere de un esfuerzo tremendo. Trabajar una hora en el espacio moviendo las manos es muy difícil, aunque se esté en buenas condiciones físicas. La idea es introducir este tipo de activadores en un guante exoactivo de manera que les ayude en la contracción, quitándoles carga de trabajo para que puedan realizar operaciones mucho más tiempo sin agotarse. También hemos trabajado en dispositivos ligeros y cómodos para ejercitar piernas y tobillos en la estación espacial y que los puedan llevar encima.

También participa en el Proyecto Robohealth, que financia el Ministerio de Economía y Competitividad, para el desarrollo de

robots de asistencia y de rehabilitación para la mejora de la calidad de vida de los pacientes. ¿En qué fase está y qué aporta?

Es un derivado de la investigación de STAMAS y lo que buscamos es aplicar exoesqueletos y robots a la salud, para la rehabilitación de miembros superiores; básicamente hombro, muñeca y mano. Los equipos que hay ahora son grandes, pesados y caros, por eso se está desarrollando algo ligero, programable por el médico. Se trata de dar utilidad a algo que se ha pensado originalmente para que usen los astronautas, pero que puede ser útil para toda la sociedad.

El desarrollo de un robot es un proceso muy largo, pero ¿qué tipos de robots se diseñarán a corto y medio plazo?

En 10 ó 15 años, se dispondrá de coches que conduzcan solos, porque, aunque se esté hablando tanto de estos automóviles ahora mismo, conseguir una fiabilidad del cien por cien no es fácil. Ni si quiera una persona, cuyos sensores son buenos, interpreta bien todas las escenas y puede evitar accidentes. También a corto plazo, en unos 15 años, en los hogares, habrá robots de servicios con altas capacidades verbales. A más largo plazo, llegarán los humanoides que ayudarán en ciertas actividades domésticas, como planchar, y con el tiempo, los exoesqueletos serán muy fáciles de ‘vestir’, vigilarán la salud del usuario y éste podrá comunicarse con quien quiera; serán muy útiles para una población cada vez más envejecida. Y, por supuesto, los robots seguirán siendo indispensables en la investigación espacial para evitar poner en riesgo la vida de astronautas cuando no sea estrictamente necesario que la tarea la lleve a cabo una persona. ■



En la actualidad, 5.000 millones de trozos de plástico de menos de cinco milímetros flotan en los mares y juntos pesan 270.000 toneladas.

© Archivo WKE

Aumenta la presencia de residuos plásticos desprendidos de ciertos tejidos que afectan a especies marinas

MICROFIBRAS INVADEN LOS OCÉANOS

En los mares de la Tierra están surgiendo 'islas artificiales'. Grandes extensiones formadas por pedazos de plásticos diminutos, incluso microscópicos, que cambian de lugar y que acaban afectando y transformando a los organismos vivos que los ingieren. Se calcula que, cada segundo, 200 kilos acaban en los océanos, una cantidad que ha aumentado hasta un 450% en tan sólo medio siglo y que no deja de incrementarse debido sobre todo a esos residuos casi invisibles, como son las microfibras de la ropa o las microesferas de los cosméticos.

Texto: **ROSA M. TRISTÁN**

El 23% de la población humana vive cerca de mares. Hábitats de los que, en buena medida, depende para su alimentación. Sin embargo, y aunque algunos cambios tardan en detectarse, esa masa de agua básica para la vida y que ocupa el 75% de la superficie terrestre se está transformando a pasos agigantados. En gran medida por los ocho millones de toneladas de plásticos que, se estima, acaba cada año en los océanos. Un material muy resistente al paso del tiempo y por tanto difícil de eliminar. De momento, según los científicos, la única solución factible -mientras se diseñan desarrollos tecnológicos para combatir esta tendencia, pasa por reducir la cantidad de los vertidos mediante la concienciación ambiental.

En la actualidad, 5.000 millones de trozos de plástico de menos de cinco milímetros flotan en los mares, según un estudio publicado en 2014 en la revista científica PLoS One, 270.000 toneladas de las que no se fue consciente de su existencia hasta que en 2004 el científico norteamericano Richard Thompson investigó dónde acababan los residuos que llegaban al mar.

Se sabe que el origen de estas pequeñas partículas no sólo está en la desintegración -debido a las mareas, los rayos ultravioletas o las olas- de los residuos plásticos más visibles. Como es el caso de los envases, que pueden tardar en degradarse desde meses a cientos de años. También un elevado volumen proviene de muchos productos de uso cotidiano que, entre otros elementos,

son fabricados usando microfragmentos de materiales procedentes del petróleo. Es el caso de los cosméticos, los detergentes o los dentífricos, pero también de la ropa sintética, sobre todo las prendas en las que, como los forros polares, se ha sustituido la materia orgánica, como la lana, por estos nuevos tejidos. Basten dos ejemplos para hacerse una idea del volumen de los residuos que generan: una crema 'peeling' para la piel puede contener más de 150.000 micro-perlas plásticas (microbeads) y un forro polar libera en cada lavado en torno a 1.900 partículas de fibra, que sumadas a las del resto de la colada suman unas 200.000 por lavado.

DIFICULTAD PARA SU ELIMINACIÓN

Dada la capacidad de estas diminutas fibras plásticas para mezclarse con el plancton, y la

dificultad de las depuradoras para eliminarlas, estas fibras de las prendas sintéticas pueden acabar hasta en el estómago de una ballena, como pudo verificar en 2015 Mark Anthony Browne, un investigador de la Universidad de California Santa Bárbara (Estados Unidos) que fue el primero en interesarse en el impacto de la ropa en los océanos. Para ello, visitó 15 playas de los cinco continentes en las que tomó muestras de la arena y descubrió que, en las zonas más cercanas a las depuradoras, había hasta un 250% más de estos microplásticos que donde no había este tipo de infraestructuras. Además, observó que la inmensa mayoría eran partículas de poliéster (56%) y acrílico (23%), aunque también había mucho rayón.

Teniendo en cuenta que la industria textil transforma cada año 70 millones métricos de fi-



© Archivo WKE

Una crema para la piel puede contener más de 150.000 micro-perlas plásticas (microbeads) y ya hay empresas del sector cosmético que han decidido dejar de fabricarlas.

Dada la capacidad de estas fibras plásticas para mezclarse con el plancton y la dificultad de las depuradoras para eliminarlas, los textiles sintéticos pueden acabar en el estómago de una ballena

bras en unos 400.000 millones de metros cuadrados de tela –con las que se hacen unos 15.000 millones de prendas de vestir–, Browne advertía recientemente que las islas flotantes de fibras no tienen visos de desaparecer a corto plazo, a no ser que se

tomen medidas: “Estos residuos de los lavados son seis veces más abundantes en número que la gran basura plástica, como son bolsas o botellas. Y la solución pasa por limitar este tipo de desechos del que la mayoría no somos conscientes”.

MICROBEADS Y MICROFIBRAS

En el caso de la eliminación de las microbeads ya se están tomando algunas medidas. Empresas como Unilever, L’Oreal y otras del sector cosmético han anunciado que dejarán de usarlas a medio plazo. Además, en Estados Unidos, el Congreso también ha dado un primer paso al prohibir su utilización a partir de 2017, y Canadá seguirá sus pasos en 2018. En el caso de las micro-fibras de la ropa, todavía no se habla de limitaciones, pero en 2013 la Unión Europea puso en marcha el proyecto Mermaids Live +, que investiga cómo acabar con estos residuos.

En este tiempo, varias son las líneas de trabajo que se han abierto. Una de ellas es determinar qué soluciones tecnológicas pueden impedir, ya que no es posible depurar estas partículas, que se generen o ‘salgan’ por los sumideros de los hogares. También se busca involucrar a la industria para que desarrolle textiles que liberen menos fibras que los actuales utilizando tejidos auxiliares. Otra posibilidad es que las lavadoras incorporen filtros que impidan su paso. Ya se ha diseñado alguno, aunque se sigue trabajando para mejorar su efectividad. Incluso se investiga en Mermaids Live la posibilidad de incorporar aditivos a los detergentes que eviten las pérdidas de fibras textiles.

Hay grupos de investigación que trabajan en alternativas como la del hongo que ‘come’ plásticos, aunque de momento no se consideran muy viables: “Es tan poco el material que son capaces de depredar que no darían abasto, no es como un vertido

Cambios en la fauna marina

En el estrecho de Vancouver, el biólogo Peter Ross detectó en 2014 hasta 9.200 partículas plásticas en cada metro cúbico de agua marina, y no lejos del lugar por donde pasan las ballenas y advirtió al presentar su investigación de otro problema: “El zooplancton que ingiere estas micropartículas es a su vez el alimento de muchos peces, como el salmón, y de mamíferos marinos, para los que son un grave riesgo porque pueden bloquear su intestino o genera la lixiviación de sustancias químicas en su cuerpos”.

En los últimos años, diversos estudios han confirmado que ya hay cambios biológicos en peces y mariscos generados por estos residuos: En el Centro Oceanográfico de Baleares se han llevado a cabo trabajos sobre la interacción con el plástico de 17.334 ejemplares de 134 especies, en los que se detectó el peligro que supone su ingestión. En el Mar del Norte se han observado microplásticos en el intestino del 5,5% de los peces; en el Pacífico Norte, en un 9,2%. Un ensayo con lubinas en Francia, realizado por el investigador David Mazurais, determinó que la mitad de los peces afectados sufría alteraciones intestinales; otro trabajo sobre el cangrejo común de mar ha determinado que al ingerir plásticos eclosionaban menos huevos; y también se ha visto que provocan la pérdida de energía en gusanos ‘Arenicola marina’, un pequeño ser vivo fundamental porque remueve el sedimento oceánico. “No es fácil determinar qué cambios biológicos generan estos materiales, porque hay otros muchos factores que pueden influir. Serequiere que se hagan más estudios”, explica Salud Deudero.

puntual de hidrocarburos, es una constante”, afirma la bióloga Salud Deudero, especialista del Centro Oceanográfico de Baleares y que ha estudiado profundamente el estado del Mediterráneo. En su opinión se trata de soluciones que no atajan la raíz del problema: “Mientras no frenemos la cantidad, ésta seguirá aumentando exponencialmente y no se dará abasto para reducirla. En realidad, ni siquiera se sabe con exactitud la cantidad de fibras micro-plásticas que hay. Nosotros hacemos muestreos que se extrapolan, pero vemos que los polímeros del petróleo están en todos los lados, desde los polos a las aguas profundas, en los sedimentos. No hay un lugar en la Tierra libre de ellos”.

‘ISLAS’ DE PARTÍCULAS

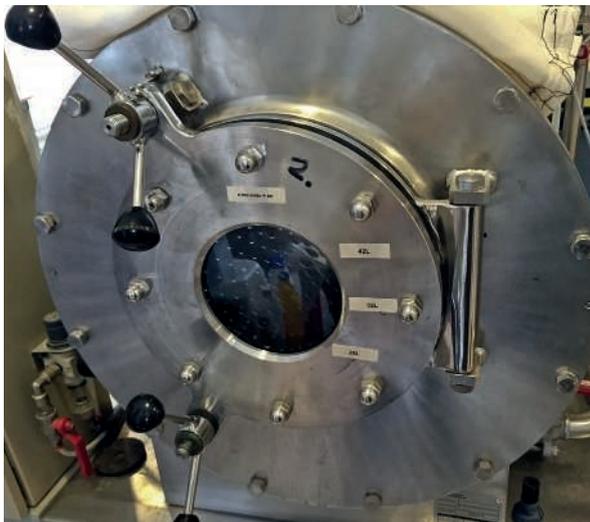
Las consecuencias no siempre están a la vista. De momento, se han identificado cinco grandes islas de microfibras y microesferas de polietileno, polyester

En el año 2013, la Unión Europea puso en marcha el proyecto Mermaids Live +, centrado en la investigación de diferentes métodos que permitan reducir y eliminar este tipo de residuos

(PET), polipropileno (PP) o cloruro de polivinilo (PVC). Dos navegan a la deriva por el Pacífico, otras dos en el Atlántico y una en el Índico. “También se han descubierto en el Mediterráneo, pues las corrientes tienden a concentrar estas partículas en algunos puntos. El problema es que ni siquiera se conoce bien cuánto tiempo perduran. Si encontramos un envase, lo calculamos por la fecha que pone en su etiqueta, pero ¿cómo saberlo en un micro-plástico?”, señala la bióloga, que apunta otro peligro añadido: “Se trata de un material al que, por sus características químicas, se adhieren bacterias, virus y otros compuestos

tóxicos, incrementando el daño que pueden causar en los ecosistemas”.

¿Qué se puede hacer ante esa basura plástica que acaba en el mar? Para Deudero, lo inmediato y más factible pasa por la sensibilización y la reducción del consumo: “A estas alturas debería haber conciencia de los daños que estamos generando. No sólo con cada bolsa o envase, que visualmente generan más impacto, pero que también acaban fragmentándose, sino incluso cuando lavamos la ropa o usamos una crema. Otras soluciones eficaces, de momento, no existen”. ■



Uno de los equipos especiales que emplea Polysistec (laboratorio ubicado en Barcelona especializado en el desarrollo de textiles innovadores y uno de los organismos adscritos al proyecto Mermaids Live +) para analizar la cantidad de microfibras que se desprenden en función de los programas de lavado fijado y del tipo de textiles que se introducen en las lavadoras de los hogares.



Observación de poliamida por un análisis de tipo SEM, microscopía electrónica de barrido.

A través de los anillos concéntricos de los árboles es posible tener un registro anual de la historia del clima

TESTIGOS DEL PASO DEL TIEMPO

Las primeras bases de datos no las generaron los humanos. Fue la propia Naturaleza la que a través de los cuerpos de los árboles ha ido tomando nota, entre su madera y su savia, de lo que ocurría en la Tierra desde hace miles y miles de años: de su clima o de las inundaciones, terremotos, plagas, aludes, erupciones o incendios que se han ido produciendo. Desentrañar lo que cuentan esas marcas es el objetivo de la dendrocronología. Una disciplina científica que, con el paciente análisis de los anillos de los árboles, da acceso a información fiable sobre, incluso, las cuatro estaciones de cada año para así ‘retroceder’ siglos y poder conocer qué tiempo hizo en cada época o para datar edificios y objetos arqueológicos.

Texto: **BRUNO DÍAZ**

Los procesos que determinan el crecimiento de los árboles se han mantenido uniformes en el transcurso del tiempo. De entre todos los factores ambientales siempre hay uno, vinculado al clima, que limita dicho crecimiento y deja constancia de ello en el árbol en forma de anillo. Y los árboles que han crecido bajo las mismas condiciones climáticas muestran en las características de dichos anillos una coincidencia en el tiempo, un patrón de variación común. El alineamiento de estas tres condiciones hizo posible la creación de la dendrocronología, una disciplina académica que permite fechar los anillos de los árboles y que fue definida por Andrew Ellicott Douglas, astrónomo y fundador del Laboratorio de los Anillos de los Árboles.

Con la técnica de datación cruzada, es decir, la búsqueda de

coincidencias o sincronías en los anillos de todos los árboles de una zona, la dendrocronología hace posible ‘reconstruir’ el clima que hubo en épocas muy lejanas. Algo en principio inimaginable, ya que los registros tomados por el ser humano en este campo son demasiado recientes. En España, por ejemplo, sólo empiezan a tenerse datos del clima a partir de 1805 y, por supuesto, no se recababan con la frecuencia y exactitud que permiten las nuevas tecnologías. Pero, sobre todo, la dendrocronología permite conocer ese pasado para predecir el futuro, ya que la variación del clima en una región afecta a todos los árboles de la zona, por ejemplo a su grosor, y queda registrada de forma clara en el anillo correspondiente de cada uno de ellos.

Los llamados dendrocronólogos fechan los eventos y las variaciones ambientales en el pasado a través del análisis y comparación de patrones de crecimiento de

los anillos de los árboles y de la madera envejecida. Los círculos no son iguales y ahí está el quid. Sin ir más lejos, una línea estrecha corresponde a un año seco; una más ancha, a uno lluvioso. Todos juntos, la serie de anillos anuales, forman un patrón del clima de cada determinado periodo temporal. Clima y tiempo van tan unidos que pueden asociarse. Establecer series cronológicas – maestras o promedio– con las que comparar es esencial, ya que éstas constituyen un registro del tiempo y de los acontecimientos sucedidos en el pasado.

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Toda esta información gracias a la inmovilidad de estos ‘ancianos’ organismos perennes, los árboles, que pasan su vida allí donde germinan y ‘escriben’ todo aquello que les afecta en su crecimiento. Un proceso biológico que comporta un aumento, entre otros, del ta-



© Archivo WKE

maño del grosor por acumulación de madera debida a la aparición de un tejido meristema secundario llamado cambium. Una fina capa de células que rodea al árbol por debajo de su corteza y cuya actividad produce capas sucesivas de madera (xilema) por la parte interna y de floema por la parte externa, lo que luego será corteza. Como el crecimiento de los árboles no es continuo –se detiene en épocas desfavorables por algún factor externo y se reanuda cuando mejora el clima– ése es el momento en el que se crean los anillos, un patrón anual de actividad y reposo en forma de capas concéntricas que, en un corte transversal, se muestran como los tan famosos anillos del crecimiento.

Estudiar las variables que ofrecen los anillos es posible gracias a las muestras que toman los investigadores sin causarles ningún tipo de daño a los árboles. Los científicos introducen una barrena en el tronco para luego extraerla y así

obtener de su interior un testigo de todos los anillos del espécimen, desde que nace hasta la actualidad. Los externos son los más antiguos y los más internos los más recientes.

Pero ¿valen las muestras de todos los árboles? Interesan sólo aquellas especies que registran los eventos a escala anual, incluso estacional. Aquellos árboles que forman anillos de crecimiento fáciles de identificar y datar: un año por cada anillo. “Es el caso de la mayoría de especies en zonas de clima con una marcada estacionalidad, que ofrecen notables diferencias de temperatura, precipitación o radiación solar a lo largo del año, y algunas de los de zonas de clima tropical. También se busca con frecuencia especies longevas y muy sensibles a los cambios ambientales, como el pino carrasco, el pino silvestre o el haya, que recogen bien la información en sus anillos”, comentan Juan Carlos Linares, del Depart-

mento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales de la Universidad Pablo Olavide, y el investigador del CSIC Jesús Julio Camarero.

El problema es que los árboles milenarios escasean o han desaparecido en algunas zonas porque el ambiente no es adecuado para su conservación, algo que al menos no pasa en el norte y en el centro de Europa y Norteamérica, donde las series registradas abarcan incluso hasta el Holoceno. Los árboles de zonas tropicales, al tener un crecimiento continuo, no forman anillos claros. Sí están definidos los anillos de los de zonas templadas o frías, que no son muy anchos porque crecen en un tiempo muy corto, pero la dificultad radica en que la diferencia de grosor entre uno y otro es difícil de apreciar. Por su parte, el crecimiento de los árboles de las zonas de clima mediterráneo, sobre todo coníferas y caducifolios, está marcado por dos extremos, baja temperatura en invierno y escasez de agua en

Este archivo anular del pasado se usa en un gran número de disciplinas científicas: en arqueología, para determinar la fecha de asentamientos, o en criminalística, para verificar si una pintura o una escultura es auténtica o una falsificación reciente

verano, con lo que aparecen unos falsos anillos que dificultan identificar y fechar los anillos reales.

TIPOS DE ANÁLISIS

Una vez obtenidas las muestras, éstas se pueden analizar de muy variadas formas. La más frecuente y sencilla es cortar y lijar para visualizar adecuadamente los anillos de crecimiento y así determinar en la mesa de medición, y empleando luego un software específico, su anchura o su madera temprana y tardía. La anchura de un anillo es un buen dato, por ejemplo, para estimar la tasa de crecimiento de un árbol así como para calcular su capacidad para transformar carbono en madera.

Eso sí, hay que tener en cuenta que la anchura viene muy determinada también por el tamaño del árbol por lo que antes se requiere especificar esa otra relación para inferir, por ejemplo, si los árboles están creciendo más o menos en la actualidad que antaño debido al aumento de temperatura o por las concentraciones de CO₂: “Nosotros hemos encontrado que los árboles responden más al aumento de temperaturas de manera más sincrónica en regiones climática y geográficamente tan dispares como la Península Ibérica y Siberia”, aseguran Linares y Camarero,

que han participado, junto a colegas españoles y rusos, en un estudio que ha analizado y comparado los patrones de los anillos de crecimiento en grosor de diferentes especies de coníferas. Un trabajo que destaca la investigadora María del Mar Génova, ingeniera técnico forestal de la Universidad Politécnica de Madrid: “El incremento de la sincronía en el crecimiento en grosor puede ser útil para establecer umbrales climáticos para la supervivencia de los árboles y poder anticipar fenómenos de decaimiento forestal locales y regionales. Advierte de los impactos del cambio global en los ecosistemas forestales a escala subcontinental”.

Existen otros análisis que pueden realizarse gracias a los anillos: “Entre ellos destacan la medición de las variaciones de densidad de la madera mediante, por ejemplo, rayos X, la medición de la variación de la cantidad de determinados isótopos o el análisis del contenido en ¹⁴C en específicas porciones que, una vez calibrado, estima la edad de las maderas. Incluso hay otros tipos de análisis aún más complejos, por ejemplo a través de la tomografía, que requieren infraestructura mucho más sofisticadas”, dice María del Mar Génova.

También de variables como el color (claro en la madera temprana y más oscuro en la tardía), la

densidad o la anatomía se puede obtener gran información, explican Linares y Camarero, así como de su química: “En relación a la composición química se suele utilizar la discriminación de algún tipo de isótopos frente a otros en el caso de elementos como el carbono o el oxígeno para reconstruir cómo los árboles fijan el CO₂ y usan el agua a través de la fotosíntesis. También es posible determinar el contenido de otros elementos, como metales pesados, en estudios relacionados con contaminación ambiental, erupciones volcánicas...”.

Los registros fijados en los anillos suelen ser de gran calidad y no pierden datos con el paso del tiempo, pero obtener esa información no resulta siempre fácil. Sin embargo, en los últimos tiempos, debido a la presencia de uno o varios factores limitantes vinculados al crecimiento y al cambio en el clima, resulta más fácil interpretar los datos dendrocronológicos en los estudios de amplias zonas. “La influencia del clima sobre el comportamiento regional de los bosques es cada vez mayor. Por tanto, factores clave relacionados con su crecimiento y fisiología, como la disponibilidad de nutrientes o la competencia entre árboles, se ven condicionados por factores cada vez más limitantes, como es la sequía en los ecosistemas mediterráneos”, explica Jordi Volta, del Departamento de Cultivo y Ciencias Forestales, del Centro Agrotécnico de la Universidad de Lleida.

APLICACIONES EN OTRAS DISCIPLINAS

Este archivo anular del pasado se usa en un gran número de disci-

plinas científicas. En la arqueología, para determinar la fecha de asentamientos, objetos o edificaciones con elementos elaborados con madera. En criminalística, la policía científica lo usa, por ejemplo, para verificar si una pintura o una escultura es auténtica o una falsificación reciente. En hidrología, en el registro de los flujos de agua. En ecología, para especificar el año de germinación del árbol y el de su muerte. También en geología son de gran ayuda, ya

que los anillos de los árboles registran todo tipo de fenómenos naturales. Desde terremotos hasta erupciones volcánicas pasando por inundaciones.

Fenómenos que, explica Andrés Díez Herrero, geólogo del Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica del Instituto Geológico y Minero de España, pueden observarse en los anillos de múltiples maneras: “A través de perturbaciones o

elementos anómalos, como las cicatrices y heridas internas que haya entre dos anillos de crecimiento, y que son causados por las piedras que golpean la corteza del árbol durante una riada, o por los bloques que se desprenden tras un terremoto. Por otra parte, es posible obtener información gracias a los cambios en el patrón de crecimiento de los anillos, como son los bruscos descensos del espesor o grosor de los anillos tras ser decapitado el árbol tras un alud de nieve, con los aumentos repentinos del espesor de los anillos cuando una erupción volcánica elimina la competencia de árboles vecinos, o con las variaciones en la disposición de los anillos de concéntrico a excéntrico tras un deslizamiento de la ladera que lo deja inclinado”.

Y existen muchos más métodos, según describe este geólogo, que aportan información detallada sobre los fenómenos naturales. Basta observar a escala microscópica los tejidos de la madera del anillo y analizar cómo, tras haber sufrido el envite de una riada o de un terremoto, determinados parámetros del árbol cambian (el espesor de las paredes celulares o la luz celular), aparecen tejidos especiales (canales resiníferos traumáticos) o se producen cambios en la composición química de la alfa-celulosa del anillo. Por ejemplo por la composición isotópica de oxígeno de la lluvia que provocó una riada, según fuera una precipitación frontal (temporal de invierno) o convectiva (tormenta de verano y gotas frías).

Es posible datar la estación del año en que se produjo una riada observando la madera temprana y tardía del anillo de crecimiento,



El pino carrasco es una de las especies arbóreas que mejor recoge la información en sus anillos.

e incluso saber su magnitud por las evidencias externas dejadas en el árbol: “Es el caso de los descortezados en el tronco como consecuencia del impacto de las piedras y ramas arrastradas por la riada, cuya cota superior marca la altura mínima que alcanzó la lámina de agua. Con esta altura y modelos numéricos hidráulicos es posible reconstruir el caudal que llevó esa avenida, el calado mínimo y el calado más aproximado, así como la velocidad y energía de la corriente. Incluso se han empleado árboles inclinados en el sentido de la corriente para reconstruir el calado y la velocidad de la riada que los volcó, a través de unos curiosos balances de fuerzas entre el empuje del agua y la resistencia del suelo a que el árbol pivote en su cepellón”, afirma Díez.

‘VIGILANTE’ DEL CLIMA Y PREDICTOR

En el campo de la climatología, la dendrocronología desempeña un papel fundamental, ya que permite la contextualización. De ahí la importancia de analizar las variaciones que experimentan los árboles para saber en qué estado están ahora y qué pueden significar esos cambios en el futuro. “Los patrones de respuesta actual de los árboles derivados de estudios dendroecológicos indican su vulnerabilidad creciente a los efectos adversos del clima en multitud de ambientes y no necesariamente, ni únicamente, en zonas particularmente afectadas por sequías u otros eventos climáticos extremos. Algunas de las respuestas ecofisiológicas actuales derivadas de los anillos

de los árboles no tienen precedentes en el último milenio. Los episodios de mortalidad creciente en todo el planeta se están intentando anticipar en base a información dendroecológica, por lo que supone una prioridad de investigación importante”, explica Volta.

La información del pasado que ‘guardan’ los anillos permite hacer predicciones sobre lo que puede ocurrir. Saber que hay fenómenos que se repiten cada cierto tiempo o que, si las circunstancias de antaño en una zona vuelven a ser las mismas en la actualidad, podrían producirse los mismos fenómenos que por entonces. “El pasado es la llave del futuro: si en una zona se han producido avenidas e inundaciones con una frecuencia y magnitud, y su régimen climático no ha variado, pueden volver a producirse de igual modo. Con los inventarios de avenidas del pasado extraídas de la dendrogeomorfología se han hecho análisis de las frecuencias, calculando los conocidos periodos de retorno; o ayudando a ampliar las series instrumentales de caudales, para que se tenga un registro mayor en el tiempo y así poder calcular altos periodos de retorno con más exactitud”, comenta Díez, para quien lo importante es la posibilidad de hacer predicciones. Sin ir más lejos, si se correlacionan la frecuencia y magnitud de avenidas del pasado reciente –determinadas a través de la dendrogeomorfología– con los índices climatológicos –como el conocido índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO)– y se conoce cómo se prevé que evolucionen esos índices climatológicos en los próximos años, se puede saber si aumentará o disminuirá el número y la severidad de las riadas. ■

Algunos datos dendrocronológicos en España

Entre los descubrimientos significativos o característicos que se han hecho en las últimas décadas gracias a técnicas dendrocronológicas, los investigadores, entre ellos Mar Génova, enumeran los siguientes: :

- La acumulación de partículas tras la erupción del volcán Huaymaputina, en Perú en el año 1600, afectó al hemisferio Norte y redujo, por ejemplo, el crecimiento de los pinos de la Sierra de Guadarrama.
- Un estudio sobre la madera usada en construcciones emblemáticas de Segovia ha aportado información de incendios y terremotos que afectaron a esos edificios.
- La elevada longevidad demostrada para las poblaciones de pino silvestre en el pinar de Lillo (León) o de esta especie y de pino cascalbo en diversas localidades de la sierra de Gredos echó por tierra que su presencia era fruto de repoblaciones y permitió una nueva interpretación geobotánica del papel de los pinares en la vegetación ibérica..
- En España es posible reconocer en casi cualquier árbol el anillo de 1984 y de 1986, debido a la estrechez que muestran ya que en esos años hubo una gran sequía; o los anillos que abarcan el periodo comprendido entre 1931 y 1963, por el frío que hizo en esas décadas.

PEÑARROYA: VIAJE AL PATRIMONIO INDUSTRIAL POR UNA ANTIGUA VÍA FÉRREA



© J. Junta de Andalucía

La Vía Verde La Maquinilla une Peñarroya-Pueblo Nuevo y Belmez. Ocho kilómetros, si se hace a pie, o 12 si se sigue el carril bici, por la antigua vía del ferrocarril minero donde es posible contemplar un paisaje industrial del siglo XIX.

Pág 40

LA JUNTA DE ANDALUCÍA ORGANIZA UN CONCURSO DE FOTOGRAFÍAS DE AVES

Con el objetivo de promocionar el conocimiento sobre las aves y difundir los valores de los espacios naturales protegidos, la Junta de Andalucía en Córdoba ha creado el concurso de fotografía 'Las aves del Parque Natural Sierra de Hornachuelos'.

Pág 42

OCTAVA EDICIÓN DEL FESTIVAL NACIONAL DE MÚSICA DE PLECTRO



© Miguel Muñoz

Con la organización de la 8ª Edición del Festival Nacional de Música de Plectro en Azuaga, la Orquesta de Pulso y Púa de Azuaga ha afianzado un proyecto que permite ofrecer una muestra de composiciones interpretadas con este tipo de instrumentos.

Pág 43

SIERRA ALBARRANA

El Cabril y su entorno



© Casas y Palacios

EL PALACIO DE MORATALLA SE UNE A LA OFERTA TURÍSTICA DE LA COMARCA

En el Valle Medio del Guadalquivir, a los pies del Parque Natural Sierra de Hornachuelos y en el término municipal del mismo nombre, se halla el Palacio de Moratalla rodeado por un majestuoso jardín versallesco de ocho hectáreas. Este espacio único, reabierto al público en 2011, está preparado para acoger la celebración de todo tipo de eventos o la realización de rodajes. Como foco de visitas turísticas, se está trabajando para incrementarlas y extenderlas a todo el turismo nacional e internacional.

Pág 38

EL PALACIO Y JARDÍN, UBICADO EN HORNACHUELOS, FUE DISEÑADO POR EL ARQUITECTO FRANCÉS FORESTIER

EL PALACIO DE MORATALLA SE UNE A LA OFERTA TURÍSTICA DE LA COMARCA

En el Valle Medio del Guadalquivir, a los pies del Parque Natural Sierra de Hornachuelos, se halla el Palacio de Moratalla, una singular construcción rodeada por un majestuoso jardín versallesco de ocho hectáreas. Este espacio único, reabierto al público en 2011, está preparado para acoger la celebración de todo tipo de eventos o la realización de rodajes; y, como foco de visitas turísticas, se está trabajando para incrementarlas y extenderlas a todo el turismo nacional e internacional.

Texto: **CÉSAR DE ECHAGÜE**
Fotos: **CASAS Y PALACIOS**

Vista de la fachada posterior del palacio de Moratalla.



Jean Claude Nicolás Forestier (1861-1930), arquitecto paisajista francés y diseñador de los Jardines de María Luisa, en Sevilla, y de la urbanización de la Montaña de Montjuic, en Barcelona, dio forma y vida a un jardín único declarado por el Gobierno de España Jardín Artístico en 1983. En 1918, y a instancia de Alfonso XIII, asiduo al Palacio de Moratalla, los marqueses de Viana encargaron un proyecto que se tradujo en ocho hectáreas, a las que se accede a través de una fastuosa verja de hierro decorada con motivos de caza.



Uno de los más característicos diseños de estanque con los que cuenta el Palacio.

Ya en el interior, el visitante se sitúa frente a un gran corredor, con sendos pasillos laterales salpicados de esculturas y fuentes, que desembocan en el amplio jardín que enmarca al palacio, una edificación con cuerpo central de tres plantas, más dos cuerpos laterales de dos plantas que terminan, a su vez, con dos cuerpos de torre mirador. También se dispone de una pequeña capilla, con espadaña de dos arcos y campanas, así como varias edificaciones más destinadas a servicios agrícolas y ganaderos.

“Nuestro trabajo es conseguir que los visitantes interpreten este lugar y de ahí que el recorrido lleve alrededor de tres horas; no estamos durante ese tiempo ofreciendo y cansando con datos a los que acuden, sino mostrándoles la esencia del palacio

y el jardín, para que en el paseo, tranquilo y con los cinco sentidos activos, disfruten al máximo de una experiencia única”, explica Andrés Antúnez, gerente de Cordobaviva, empresa dedicada al ecoturismo y responsable de las visitas guiadas a este enclave artístico histórico, cuyo jardín es calificado como la ‘pequeña Versalles’, debido a la influencia francesa, aunque trasluzcan también otros estilos en muchos de los rincones de su ambicioso diseño.

Hasta ahora, y desde 2011, año en que palacio y jardines se abrieran al público, se ha registrado una media de cinco mil visitantes al año. El objetivo es multiplicarla, pues hay capacidad para acoger a muchos más interesados en conocer este lugar. Cada visita –que se solicita

con antelación– suele ser de 50 ó 60 personas, pero se está trabajando en aumentar su número, ya que pueden llevarse a cabo simultáneamente hasta cuatro visitas, pues la gran extensión permite que no haya sobrecapacidad. Por otra parte, habilitadas sus instalaciones como espacio de celebraciones, el palacio es un marco demandado cada día por más particulares, empresas y profesionales que eligen el lugar para llevar a cabo todo tipo de eventos y celebraciones. Desde bodas y actos de empresa o hasta rodajes de películas o anuncios de publicidad, pasando por la organización de pasarelas de moda.

REFERENCIA TURÍSTICA

En la comarca y en la comunidad autónoma, el palacio y jardín es conocido como centro de atracción turística y económica. En el ámbito nacional, cada vez más operadoras incluyen la visita en sus tours, pero, según el responsable de Córdoba Viva, queda mucho trabajo por hacer. Internacionalmente, es complicado atraer a los operadores –aunque ya sea más frecuente la visita de turistas norteamericanos, australianos o centroeuropeos–, por eso gran parte de sus esfuerzos se centra en mostrar el valor cultural, histórico y natural de este enclave. ■



Los jardines están preparados para acoger la celebración de todo tipo de eventos.



Durante el trayecto es posible disfrutar de espacios naturales y construcciones históricas.

LA VÍA VERDE LA MAQUINILLA UNE LAS POBLACIONES DE PEÑARROYA-PUEBLO NUEVO Y DE BELMEZ

VIAJE AL PATRIMONIO INDUSTRIAL POR UNA ANTIGUA VÍA FÉRREA

En total son sólo ocho kilómetros, si se hace a pie, o 12 si se sigue el carril bici, por un terreno prácticamente llano. Pero durante este corto y poco dificultoso recorrido es posible contemplar, sobre todo, uno de los más significativos paisajes industriales del siglo XIX, ya que se transita por la antigua vía del ferrocarril minero que partía de Cabeza de la Vaca y llegaba hasta los terrenos de El Porvenir. Desde viejas instalaciones, hasta maquinaria usada los procesos industriales, pasando por las ‘viviendas francesas’ de los barrios construidos por el auge de aquella febril actividad.

Texto: **RICARDO TAPIA**

Fotos: **JUNTA DE ANDALUCÍA Y AYTOS. PEÑARROYA Y BÉLMEZ**

En nombre de esta ruta, La Maquini-lla, corresponde a la forma con la que se conocía popularmente a la locomotora que circulaba por las vías ferroviarias mineras y servía para el transporte de viajeros que tenían acudir al trabajo en minas e industrias desde Belmez hasta Pueblo Nuevo.

La caseta del paso a nivel de la carretera con dirección a Córdoba –cerca de las antiguas minas de carbón, conocidas como pozos, de Belmez, San Antonio y Aurora– es el punto de partida de esta ruta verde diseñada para que la recorran personas de todas las edades, y que, aparte de estar salpicada de hitos industriales, incluye zonas urbanas y agrícolas. En el trayecto uno se encuentra con la ermita de la Virgen de los Remedios, la estación de Belmez, que ha sido recon-vertida en restaurante y piscina municipal, y es posible disfrutar de las majestuosas vistas a lo lejos del Castillo de Belmez, elevado sobre una cima que domina el pueblo y con vestigios romanos, árabes y cristianos.

A los cuatro kilómetros se llega al pozo número 3. En él se ha habilitado un mirador al que conviene asomarse por las vistas que ofrece: no ya sólo una panorámica general de todo el Cerco Industrial de Peñarroya-Pueblo Nuevo, también por poder contemplar el embalse de Sierra Boyera, en el río Guadiato, y un

poco más a lo lejos la población de Fuente Obejuna.

A continuación se da con el pozo número 4, que para muchos es un auténtico monumento a todo lo que llegó a significar en esta comarca la actividad minera. Poco después, ya se accede a los terrenos que delimitan lo que se llamó el Cerco Industrial de Peñarroya y en el que no hay que perderse la imagen general de todo el conjunto de edificaciones que se levantaron desde finales del siglo XIX en torno a la Fundación de Plomo, puesta en pie por la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya allá por 1890..

HITOS INDUSTRIALES

Dentro de los límites del Cerco, es posible admirar todo tipo de interesantes construcciones. La antigua Central Térmica, el Almacén Central –una de las infraestructuras ya restauradas, junto con la nave de La Yutera– y las naves de Vagones o de Nordon. De todas ellas, la que resulta más espectacular debido a sus grandes dimensiones –aproximadamente unos 14.000 metros cuadrados– es la construcción del Almacén Central, que, además, destaca porque fue diseñado ni más ni menos que por el equipo del Gabinete Eiffel, estudio de arquitectura dirigido por el famoso ingeniero civil francés Alexandre Gustave Eiffel.

Al salir de estos terrenos se llega ya a la Plaza de Santa Bárbara, en el centro de la localidad de Pueblo Nuevo, y punto donde acaba el primer tramo de la vía verde. El segundo tramo transcurre por el carril bici habilitado en la antigua vía estrecha que unía Peñarroya con Puerto Llano y en él se pasa por el Barrio francés, con sus típicas viviendas familiares, así como por edificios singulares, entre ellos el antiguo Hospital Minero, la Fábrica de Harinas, el Colegio Francés, la estación de trenes de Pueblo Nuevo o el Edifi-



De arriba a abajo, vivienda del barrio francés, chimeneas del Cerco Industrial, mina Montera y poblado ferroviario de Belmez.

cio de la Dirección de la Sociedad Minera. El punto final de este segundo tramo es el centro urbano de Peñarroya-Pueblo Nuevo. ■

FICHA TÉCNICA

- Extensión: 8 kilómetros de vía verde y 4 más de carril bici
- Tipo de firme: tierra compactada
- Temporada: cualquier época del año
- Accesibilidad: preparada para discapacitados en su segundo tramo

HORNACHUELOS

LA JUNTA DE ANDALUCÍA ORGANIZA UN CONCURSO FOTOGRÁFICO POR EL DÍA MUNDIAL DE LAS AVES

Con el objetivo de promocionar el conocimiento sobre las aves y difundir los valores de los espacios naturales protegidos, la Delegación de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía en Córdoba ha creado el concurso de fotografía 'Las aves del Parque Natural Sierra de Hornachuelos'.

Un certamen que nace con vocación de permanencia y que se convocará todos los años a finales del verano. Las obras premiadas en

la ya celebrada primera edición se exhibirán en el centro de visitantes Huerta del Rey. Galardones que se entregarán –sin fecha todavía fijada– en la próxima junta rectora del Parque Natural.

Para participar en próximas ediciones de este concurso –al que puede presentarse cualquier persona–, las imágenes deben ser presentadas en la sede de la Delegación (C/ Santo Tomás de Aquino, s/n 7ª planta. 1407 Córdoba), han de tener como protagonista a este

tipo de fauna y han debido de ser tomadas en el Parque o en su área de influencia socioeconómica. No se admiten obras que no sean originales, se hayan publicado ya en un medio de comunicación; sean presentadas como un fotomontaje; o hayan sido manipuladas. Queda expresamente prohibido que para la realización de las instantáneas se ponga en peligro o se dañe cualquier especie botánica o animal. ■



Cartel de la primera edición del concurso fotográfico

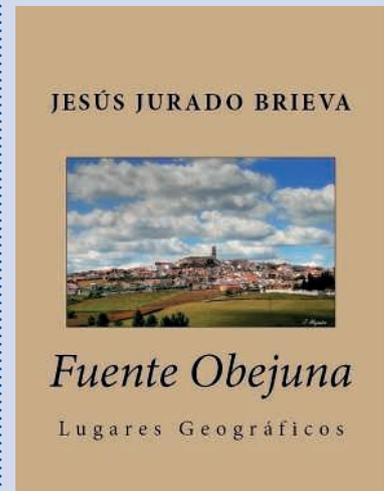
ALANÍS

EL 90% DE LA CARNE DE CAZA SE EXPORTA

La mayoría de la carne que procede de los cotos de Alanís de la Sierra, tanto la de ciervo como la de jabalí, se exporta al extranjero, sobre todo a países europeos como Alemania y Austria, consumidores habituales de este tipo de carne. La actividad cinegética de la comarca, según los datos que maneja el coto de Las Jarillas, ha aumentado en aproximadamente un 20 por ciento en los últimos años. ■

FUENTE OBEJUNA

EDITADO EL LIBRO 'FUENTE OBEJUNA. LUGARES GEOGRÁFICOS'



© EduAlféizar

Portada del libro de Jesús Jurado Brieva

Oriundo de Fuente Obejuna, maestro y autor de libros de poesía, Jesús Jurado Brieva ha publicado recientemente un ensayo social que, con el título de Fuente Obejuna. Lugares Geográficos, hace un recorrido por el paisaje, historia, flora y fauna salvaje del extenso campo melaniense. Editado por Ediciones Alféizar, en las páginas de esta obra se hace una detallada descripción de cerros, riberas, ríos, lagunas, dehesas, vías pecuarias, eras o molinos. Descripciones con cierta carga de prosa poética y en las que se entremezclan sucesos, anécdotas o recuerdos propios. ■

PREMIO AL AYUNTAMIENTO DE FUENTE OBEJUNA

Dentro de los Reconocimientos al Mérito Turístico –galardones otorgados por el Patronato Provincial de Turismo y que premian a productos y empresas turísticas, personalidades y organismos que hayan destacado en la promoción y difusión del destino Córdoba– se ha reconocido al Ayuntamiento de Fuente Obejuna por su labor de planificación y dinamización turística con una repercusión directa en el desarrollo del turismo. ■

AZUAGA

OCTAVA EDICIÓN DEL FESTIVAL NACIONAL DE MÚSICA DE PLECTRO



Cartel del evento celebrado en Azuaga.

El pasado 29 de octubre tuvo lugar en el Teatro Cine Capitol de la localidad de Azuaga la celebración de la 8ª Edición del Festival Nacional de Música de Plectro.

El festival –que se viene celebrando desde el año 2009– es organizado por

la Orquesta de Pulso y Púa de Azuaga, en colaboración con el Ayuntamiento de Azuaga y la Diputación Provincial de Badajoz. Una iniciativa que permite afianzar a esta agrupación musical –cuyo origen se remonta al año 1984, aunque no es hasta 2008 cuando se constituye como asociación– un proyecto singular que posibilita a sus integrantes ofrecer una variada muestra de composiciones interpretadas con este tipo de instrumentos, así como incrementar su participación en otros festivales de toda España organizados por otras agrupaciones de Plectro.

En la edición de este año, en la que la orquesta interpretó piezas de distintos estilos musicales, también acudieron la Orquesta de Pulso y Púa Burtinae Orquesta, de Huesca; y la Orquesta de Pulso y Púa El Paular, de Pozuelo de Alarcón, en Madrid. Para cerrar el evento, y como en todas las ediciones anteriores, las tres agrupaciones tocaron al unísono el 'Pasadoble de Azuaga', obra de Manuel Alfaro. ■

LAS NAVAS DE LA CONCEPCIÓN

EL PLAN ALDEAS 2016 INCLUYE A LAS NAVAS ENTRE LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS

Las Navas de la Concepción es una de las once aldeas incluidas en el Plan de Aldeas 2016, puesto en marcha por la Junta de Andalucía, que cuenta con un presupuesto de 88.714 euros. Entre los proyectos está la construcción de cuatro badenes de hormigón en Las Navas, con un presupuesto de 3.800 euros. Por otra parte, también la Junta ha adjudicado las obras para convertir en sobreelevados varios pasos de cebr de la carretera A-8202 de modo que los conductores tengan que reducir la velocidad y disminuya así el número de accidentes que se producen. ■

PEÑARROYA-PUEBLO NUEVO

EN 2017 ENTRARÁ EN FUNCIONAMIENTO UN SERVICIO DE TAXI RURAL

Un servicio de taxi a la demanda para la comarca del Valle del Guadiato entrará en funcionamiento en enero del año que viene, con una primera ruta que unirá Peñarroya-Pueblo Nuevo con la localidad de Fuente Obejuna. Tras un proyecto de línea de autobús que no resultó viable, la Junta de Andalucía ha buscado esta nueva alternativa, en coordinación con los ayuntamientos, que permita el desplazamiento de los habitantes de la zona a través de un medio de transporte competitivo y sostenible para distancias de unos 40km y reducido número de pasajeros. Inicialmente funcionará dos días a la semana, con cuatro viajes de ida y vuelta. Mientras los usuarios abonarán el 8% de la tarifa, el resto será subvencionado por la Consejería de Fomento y Vivienda. ■

REMATE DE LAS OBRAS EN LA ESTACIÓN DE AUTOBUSES

Está previsto, según el Ayuntamiento de Peñarroya-Pueblo Nuevo, que en breve la estación de autobuses de esta localidad esté completamente operativa, con el remate de los trabajos vinculados a la zona de espera y esparcimiento, y tras haber terminado ya la construcción de las dársenas y la estructura de la planta.

Con esta infraestructura, los responsables del Ayuntamiento afirman que se va a dar respuesta a una necesidad hasta ahora no cubierta en el municipio. En esta última fase, la Diputación ha concedido una subvención para el asfaltado interior y la colocación de barreras de protección en el terraplén que da al antiguo cerco industrial. ■



La luna del objeto celeste Didymos es el blanco elegido para probar la tecnología que evite impactos contra la Tierra

MISIÓN AIDA: DESVIAR ASTEROIDES

Es frecuente la llegada de objetos procedentes del espacio exterior a la Tierra, pero la mayoría no representa peligro alguno debido a que se volatilizan al contactar con la atmósfera. Sin embargo, los de grandes dimensiones sí pueden ser una amenaza. Los astrofísicos clasifican como 'potencialmente peligroso' cualquier objeto mayor de 100 metros de diámetro aproximándose a menos de 7.5 millones de kilómetros del planeta. La misión Asteroid Impact and Deflection Assessment (AIDA), en la que participan la ESA y la NASA, pretende averiguar si es posible evitar el impacto de un gran meteorito.

Texto: **PURA C. ROY**

Fotos: **ESA**



Recreación de la sonda la AIM (Asteroid Impact Mission) y uno de los dos minisatélites en la órbita del asteroide Didymo y de su luna.

En el año 2022, el asteroide Didymos se aproximará a la Tierra, pasará a cerca de 16 millones de kilómetros. Es decir, unas 30 veces la distancia a la que está de la Luna. No impactará contra el planeta, pero será el momento oportuno para que una misión espacial se acerque a él y sea posible probar la capacidad y efectividad de las tecnologías que han sido desarrolladas para desviar este tipo de objetos peligrosos si en el futuro alguno de ellos adquiriese una trayectoria en dirección a la Tierra. Ese es el objetivo principal de AIDA, la misión diseñada por la NASA y la ESA.

Para ello se lanzarán dos naves hacia Didymos, un asteroide binario, el 65803, de unos 800 metros de ancho y que tiene un satélite o luna de entre 100 y 150 m de diámetro orbitando a 1,2 km de distancia. Alcanzar este asteroide, que se encuentra alrededor de unos 20 millones de kilómetros de la Tierra, será también una misión que podría abrir las puertas al conocimiento de nuevos cuerpos rocosos similares. La misión cumplirá dos funciones: demostrar nuevas tecnologías de comunicaciones ópticas en el espacio, y estudiar la superficie y la estructura interna de Didymos y su luna.

LAS SONDAS AIM Y DART

Si todo transcurre según lo previsto, y se aprueba la inversión que requiere la misión, en octubre de 2020 despegará la sonda espacial AIM (Asteroid Impact Mission) dirigida por la Agencia Espacial Europea (ESA) para estudiar de cerca el asteroide. Des-

pués, en julio de 2021, se enviará el satélite DART (Double Asteroid Redirection Test) gestionado por la NASA y preparado para que al año siguiente, en octubre de 2022, impacte sobre la luna de Didymos a una velocidad de 6.5 km/s.

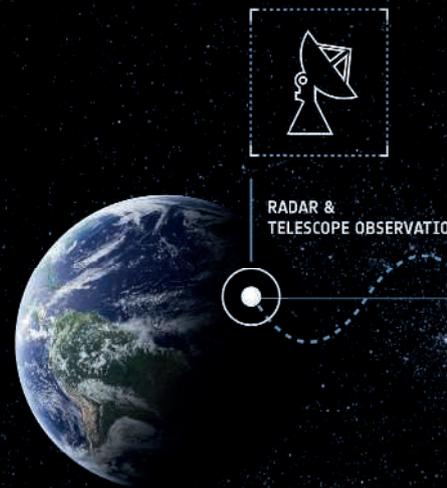
Con DART se cuantificará la capacidad de desviar asteroides mediante el impacto de un proyectil, en este caso, el propio satélite DART. Mientras, con AIM se estudiará dicho impacto desde una órbita cercana, utilizando todo tipo de instrumentos que llevará a bordo y con el equipamiento de dos nanosatélites cubeSats, que orbitarán alrededor del asteroide secundario. A su vez, los responsables del control de AIM estudiarán también la luna de Dydimos empleando dos radares de alta y baja frecuencia, la cámara infrarroja TIRI (Thermal Infrared Imager) y la cámara VIS (Visual Imaging System), que permitirá crear un mapa de un metro de resolución. Mediante esta instrumentación se medirá la masa, densidad y propiedades dinámicas. También se cartografiará la superficie del asteroide mediante diferentes longitudes de onda.

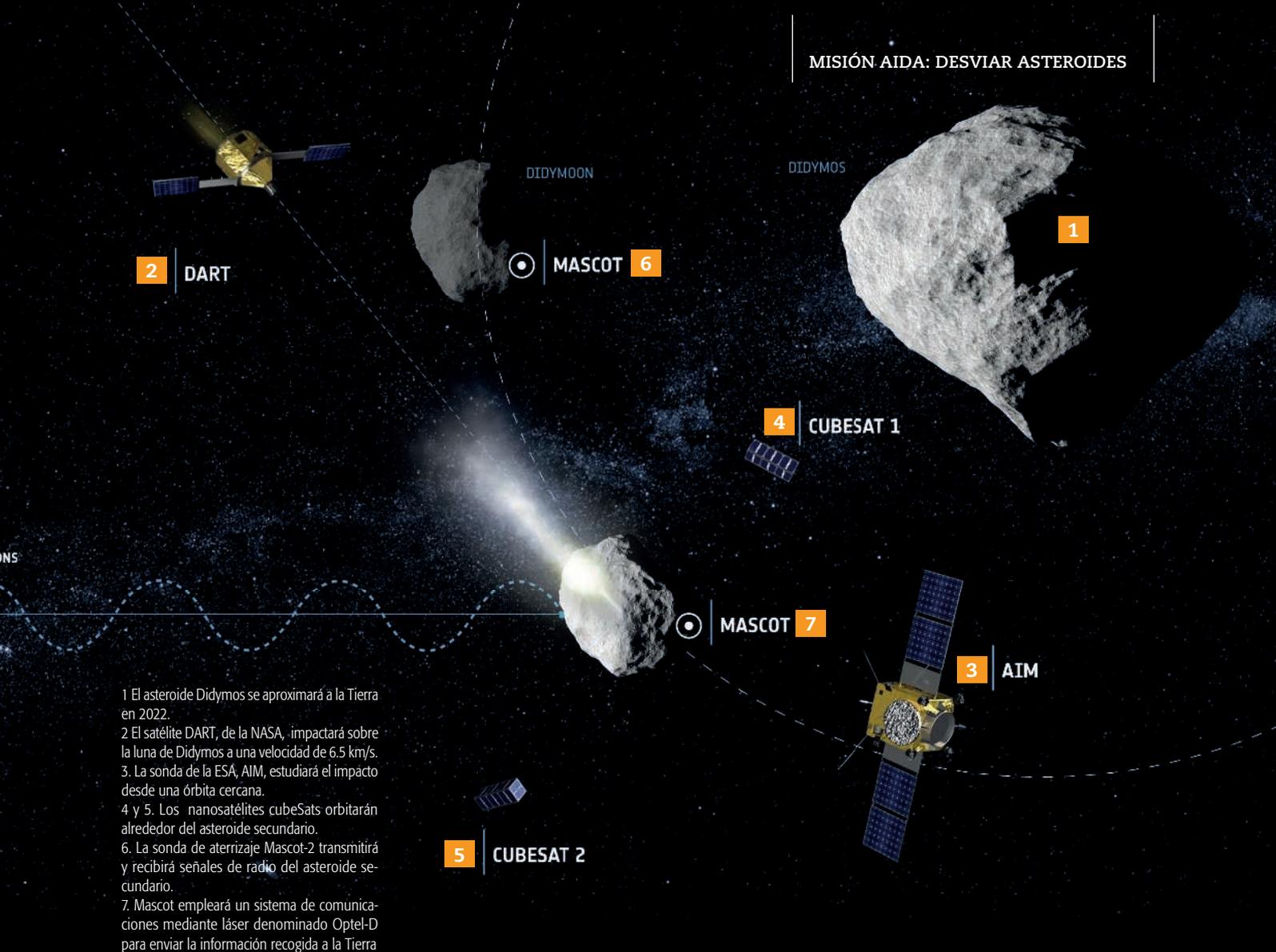
Por su parte, una pequeña sonda de aterrizaje, llamada Mascot-2 y diseñada por el Centro de Investigación Aeronáutica y Espacial de Alemania, transmitirá y recibirá señales de radio del asteroide secundario. Datos con los que se analizará su estructura interna.

Junto con el novedoso sistema eléctrico de propulsión Next-C que usará la sonda Dart, que permite reducir tiempo de navegación y rebajar costes, una de las novedades tecnológicas más significativas de la misión es que Mascot empleará un sistema de comunicaciones mediante láser

denominado Optel-D para enviar la información recogida a la Tierra, concretamente a la estación terrestre OGS (Optical Ground Station), perteneciente a la ESA y ubicada en Tenerife.

“Está previsto que el módulo soltado desde la AIM aterrice en el pequeño satélite secundario para, entre otros fines, estudiar su estructura interna con tomografía radar. Pero, sobre todo, conocer las consecuencias del impacto de DART sobre el satélite y medir los cambios de su órbita en torno a Didymos, el cuerpo principal. Así se podrá comprobar la utilidad de una colisión para desviar cualquier asteroide de dimensiones similares a éste que tuviera una órbita de colisión con la Tierra”, explica. Jesús Gil, ingeniero de sistemas de guiado, navegación y control del centro que la ESA





1 El asteroide Didymos se aproximará a la Tierra en 2022.

2 El satélite DART, de la NASA, impactará sobre la luna de Didymos a una velocidad de 6.5 km/s.

3. La sonda de la ESA, AIM, estudiará el impacto desde una órbita cercana.

4 y 5. Los nanosatélites cubeSats orbitarán alrededor del asteroide secundario.

6. La sonda de aterrizaje Mascot-2 transmitirá y recibirá señales de radio del asteroide secundario.

7. Mascot empleará un sistema de comunicaciones mediante láser denominado Optel-D para enviar la información recogida a la Tierra

tiene cerca de Amsterdam e implicado en el proyecto AIDA.

Para Gil, esta misión, cuyo presupuesto es relativamente bajo, siete veces por debajo de lo que costó la misión Rosetta, tendrá un gran retorno en conocimiento científico y tecnológico, ya que será la primera vez que una sonda orbitará fuera de la Tierra. “Esta misión también permitirá obtener conocimientos para diseñar futuras misiones. AIDA es una gran oportunidad para saber qué problemas pueden surgir al desviar un asteroide y poder controlar los posibles fragmentos que se producirán después de un impacto sobre aquél, nos ayudará a controlar la fuerza que habrá que ejercer para que estos fragmentos no resulten peligrosos al desviar su trayectoria y no acercarlos a la Tierra”, comenta Gil

PAYLOAD FOR ADVANCED LITTLE SATELLITES (PALS)

El doctor en Astrofísica Josep Trigo Rodríguez, especialista en asteroides, lidera un equipo en el Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC) preseleccionado por la ESA para formar parte de este primer intento en el espacio de desviar un asteroide. El proyecto en el que participa Trigo, y que forma

parte de AIDA, se llama Payload for Advanced Little Satellites (PALS), y consistirá en poner dos cubeSats, o satélites de reducido tamaño, con instrumentación puntera alrededor de Didymos. Su objetivo es observar el impacto de la sonda DART contra el asteroide secundario, analizar el previsible cambio en la trayectoria y órbita de ambos cuerpos y, de paso, estudiar su composición.

AIDA es una gran oportunidad para saber qué problemas pueden surgir al desviar un asteroide y poder controlar los posibles fragmentos que se producirán después de impactar sobre aquél, de controlar la fuerza que habrá de ejercerse para no atraerlos hacia la Tierra

La ‘visita’ a un asteroide binario y la posibilidad de estudiar con detalle su estructura interna permitirá revelar cómo se forman estos cuerpos, un proceso muy unido a las teorías que describen, a su vez, procesos de la formación del Sistema Solar

“AIDA pretende el desarrollo de tecnología para desviar asteroides y será, de hecho, la primera en probarla in situ. Entre nuestras investigaciones actuales estamos realizando diversos experimentos de laboratorio con meteoritos representativos de ese tipo de asteroides para de esa forma comprender mejor sus propiedades mecánicas y avanzar en nuestro conocimiento de su respuesta ante un impacto. Ese

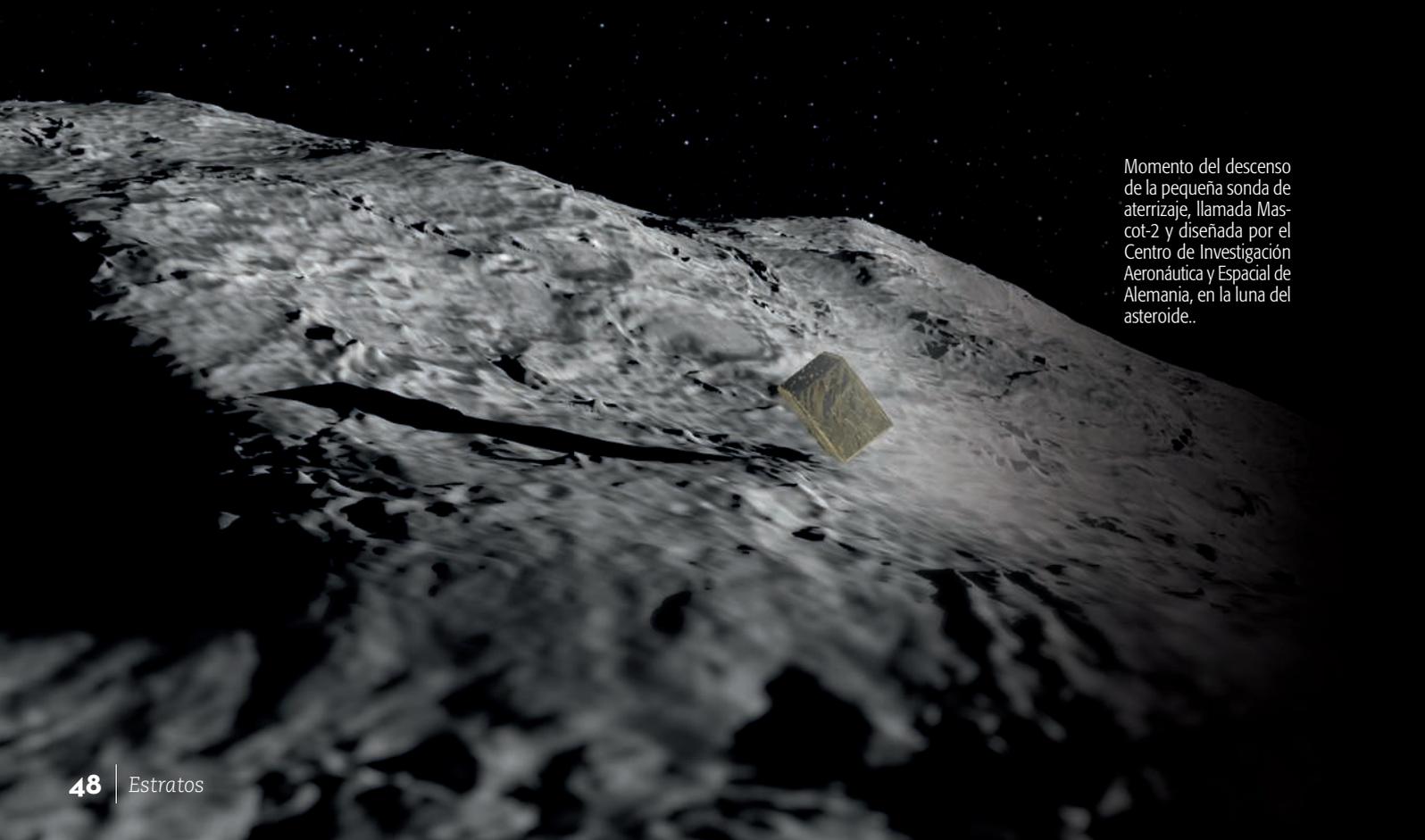
método es precisamente el que se pretende comprobar por vez primera con AIDA”, comenta el astrofísico Trigo.

Respecto a la función de los dos nanosatélites de este proyecto, para Trigo la primordial es obtener datos de la magnetización del asteroide, imágenes de alta resolución y, mediante un videospectrómetro de última generación, determinar la

composición química y la temperatura alcanzada por el vapor caliente como consecuencia del impacto de DART con el satélite de Didymos.

ESTUDIOS DE FÍSICA Y DINÁMICA

Aunque comprobar la efectividad de la tecnología para desviar un asteroide de su trayectoria es la pieza clave, la misión contempla también ganar en otros conocimientos científicos. La ‘visita’ a un asteroide binario y la posibilidad de estudiar con detalle su estructura interna permitirá revelar cómo se forman estos cuerpos, un proceso que está muy unido a las teorías que describen procesos de la formación del Sistema Solar. Además, con su estudio será posible predecir la población total de asteroides.



Momento del descenso de la pequeña sonda de aterrizaje, llamada Mascot-2 y diseñada por el Centro de Investigación Aeronáutica y Espacial de Alemania, en la luna del asteroide..

“La misión AIDA permitirá, además, el estudio detallado del sistema binario Didymos: por ejemplo sus propiedades físicas y dinámicas, la estructura interna, o las medidas necesarias para su interpretación. Es un trabajo exigente en computación”, comenta Adriano Campo Bagatin, profesor del Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante, que ha sido seleccionado para participar en el Comité de Dirección de la misión AIDA y coordinar uno de los cuatro grupos de trabajo que se ocupa de esta materia.

“En el grupo de Ciencias Planetarias del Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante llevamos a cabo estudios sobre la estructura interna de asteroides basados en simulaciones numéricas, en

concreto las que se denominan como N-cuerpos, muy usadas en astrofísica. Por otra parte, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) se analiza el movimiento de ida y vuelta del material superficial -como rocas y polvo- en asteroides que, como Didymos, son menores de 10 km y rotan muy rápidamente, en menos de 3,5 h. Ambos aspectos están resultando de interés para las misiones espaciales a asteroides, en particular en el caso de AIDA”, comenta Campo.

DAR LUZ VERDE O POSPONER

Las dos agencias espaciales, tanto la ESA como la NASA, están a la espera de la aprobación de la inversión para poder cumplir el calendario ya fijado. El proyecto, con un coste previsto para

AIM, de aproximadamente 200 millones de euros –una cifra similar costará DART– ha pasado ya la fase de estudio denominada B1 por parte de ESA, y su etapa homóloga en el caso de la NASA. “Aunque la fechas están ajustadas para acercarnos a este sistema binario y que pueda ser observado además desde la tierra, un pequeño retraso no sería significativo, ya que el trabajo está hecho. Eso sí, lo que se ha realizado hasta la fecha está optimizado para que se cumplan los plazos”, dice Gil.

La comunidad científica está a la espera de que se logre lo que ya hace diez años se quiso conseguir: La ESA diseñó por entonces el que se conoció como Proyecto Don Quijote, y que planteaba mandar primero una sonda llamada Sancho para estudiar un asteroide y luego el ‘impactador’, conocido con el nombre de Hidalgo. ■

Mascot 2 con sus paneles solares desplegados para recabar datos de la estructura interna del asteroide secundario y transmitir toda la información a la Tierra.



Un gran número de especies vegetales han hallado en estos espacios asilvestrados su hábitat idóneo para germinar y desarrollarse.

En estos solares sobreviven especies vegetales con gran interés botánico por su rareza y escasez

LA RIQUEZA DE LOS DESCAMPADOS

Pocos se imaginan que los siempre infravalorados descampados tienen una importancia biológica —y también social— al acoger especies botánicas únicas y poco comunes. Auténticos tesoros silvestres que han encontrado en estas zonas, a medio camino entre lo urbano y lo natural, su hábitat para crecer y desarrollarse: el jaramago, la malva silvestre o la lechetrezna común. Esta riqueza botánica es la razón que los especialistas arguyen para que estos terrenos ‘abandonados’ se mantengan en las urbes y para protegerlos de ‘enemigos’ como la contaminación, el vertido de residuos o la eliminación de la cubierta vegetal.

Texto: **ANA AYALA**

Fotos: **SEBICOP**

Donde existe desarrollo urbano hay descampados, ya que debido a su interacción ambos espacios se benefician o dependen en alguna medida el uno del otro. De esta forma, y al igual que las ciudades cuentan con su propia fauna urbana como son los habituales gorriones o palomas, también estos espacios –casi siempre infravalorados– tienen su propia flora. Toda una serie de especies silvestres que han conseguido hacerse un hueco rodeadas de asfalto y hormigón.

En las urbes de toda España se encuentran descampados que acogen especies botánicas raras y escasas. Variedades vegetales que, por esas dos razones, además de por las funciones naturales que cumplen, están considerados auténticos tesoros, y que han hallado en estos espacios asilvestrados su hábitat para germinar y desarrollarse. Se trata de unos lugares a los que con frecuencia se les suele señalar como ‘marginales’ y están situados tanto en el interior de las propias ciudades o poblaciones como en su periferia. Solares que todavía están a la espera de ser redefinidos en los planes de ordenación urbana.

“La mayoría de la población no percibe su importancia biológica, como lugar de esparcimiento, pero, durante los últimos años, botánicos, paisajistas y naturalistas argumentan la importancia de mantener algunos enclaves sin urbanizar como refugios para la flora y vegetación silvestres. De hecho, acogen a una gran cantidad de especies que a menudo sorprenden por su gran rareza”,

explican los responsables de la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBiCoP), una sociedad científica centrada en la conservación de las plantas silvestres. Son, por tanto, valiosas reservas de flora –y también de fauna– cuya desaparición puede ocasionar que también lo hagan especies únicas que no se encuentran en ningún otro lugar.

CADA UNO, CON SUS CARACTERÍSTICAS

Diversos factores ambientales influyen en cómo es y qué características tiene cada descampado. “Entre los relacionados con el suelo están la textura, que puede ser arenosa, limosa o arcillosa; la presencia de afloramientos rocosos; el pH, ácido o básico; la disponibilidad de agua en el suelo, o la presencia de contaminantes”, comenta Javier Grijalbo, naturalista y autor de ‘Apuntes de campo’, una publicación sobre la naturaleza en la Península Ibérica y que aborda con profundidad el tipo de especies vegetales que pueden encontrarse en los descampados.

De igual modo, es importante el clima del territorio en el que se encuentran. Así, el de tipo mediterráneo se caracteriza por luchar contra la aridez, de forma que el aspecto del descampado suele tener colores pardos y acoge cactus con flores en primavera, mientras que el atlántico, en el norte de España, propicia espacios verdes con abundante vegetación.

“Otro factor que influye en la ecología de cada descampado es el tiempo que llevan en estado de abandono, ya que si es prolonga-

do favorece la evolución de las especies hacia etapas más maduras. También influye la extensión, porque a mayor superficie hay más variedad de condiciones ambientales y biodiversidad, sobre todo si existe conexión con corredores biológicos. Por último, otros condicionantes son la accesibilidad y cercanía o lejanía al núcleo urbano, según halla mayor o menor interferencia”, comenta Grijalbo.

LAS ESPECIES

Algunas de las plantas más habituales en los descampados son el jaramago (*diplotaxis muralis*), planta de Europa, Asia Occidental y norte de África que se caracteriza por su color amarillo pálido y florece desde el comienzo de la primavera y hasta mediados del verano. También lo es la malva silvestre (*malva sylvestris*), originaria de Europa y cuyos brotes tiernos algunos consumen en ensalada y otros utilizan como remedio natural: en forma de infusión sirve, mediante enjuagues, para las inflamaciones de garganta y boca, y para las afecciones pulmonares, mientras que en su uso externo, como cataplasma, trata las irritaciones de la piel (eccemas, acné...).

Otra habitual de los descampados es la lechetrezna común (*euphorbia helioscopia*) que, de igual modo, hay quien la usa como remedio curativo, ya que sus semillas y el polvo de las raíces palian el estreñimiento actuando como laxante o purgante. Sin embargo, los especialistas advierten de que muchas de las preparaciones caseras con este tipo de plantas son peligrosas, ya que algunas son tóxicas y pueden afectar al

La malva silvestre, la lechetrezna común, el jacinto silvestre o la malvella sherardiana son algunas de las especies que es posible encontrar en los descampados

aparato digestivo, a los riñones o al hígado.

También otra planta originaria de Europa, suroeste de Asia y norte de África, y que florece de febrero a mayo, el nazareno o jacinto silvestre (*muscaria neglectum*) –cuyo nombre se debe al característico color morado de sus flores–, crece en los descampados. Otras especies son el cardo, la espiguilla, la amapola, el amor de hortelano (*galium aparine*) o la cambronera.

‘ENEMIGOS Y AMIGOS’

La contaminación, el vertido de residuos, la eliminación de

la cubierta vegetal y el propio desarrollo urbano son algunos de los principales enemigos de la conservación de los descampados. De hecho, para advertir al respecto de estas amenazas y con el objetivo sensibilizar a los ciudadanos sobre, entre otros, sus valores urbanísticos, didácticos, científicos y ecológicos, el Real Jardín Botánico, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), llegó a organizar en el año 2012 una exposición al aire libre llamada ‘Descampados’, para mostrar algunas de las especies que forman parte importante de estos espacios en Madrid, como son la *cynara*

tournefortii y la *malvella sherardiana*, en el municipio de Coslada; *astragalus scorpioides*, en el barrio de Delicias y el parque forestal de Villaverde; o la *hohenackeria polyodon*, en el barrio de Entrevías.

MICRORESERVAS

La mayoría de los especialistas en este campo coincide, por la riqueza de la flora, en la importancia que tienen estos espacios a medio camino entre lo natural y lo urbano, y, por tanto, en la necesidad de protegerlos. “No hay duda de que en los descampados suelen sobrevivir especies vegetales que tienen gran interés botánico por su rareza y escasez”, afirmaba recientemente Nuria Prieto, responsable del Banco de Germoplasma del Real Jardín Botánico de Madrid (RJB) en el diario El País. De ahí que esta experta recomiende como solución la creación de ‘microreservas’ para asegurar de esta forma su supervivencia, una fór-



Descampado de tipología árida y ubicado en el extrarradio de Madrid.



© Botanic Serrat



© Institutió Catalana d'Història Natural



© Magrama



© Magrama



© Magrama

De arriba a abajo, *Diplotaxis muralis* Jaramago, *Euphorbia nicaeensis*, Jacinto Silvestre, Malva Silvestre y *Malvella sherardiana*.

mula ya utilizada en algunas comunidades autónomas como las de Valencia o Castilla-La Mancha. Otros expertos proponen que se lleven a cabo iniciativas conjuntas entre las administraciones públicas, instituciones y empresas de una zona cercana a estos terrenos para preservar en condiciones adecuadas aquellos espacios que cuenten con una flora única.

“Es difícil vencer la mala fama de los descampados a causa de la suciedad que generalmente se acumula en ellos y los destrozos a los que se ven sometidos por acciones incívicas, pero tienen valores naturales que deberían ser considerados. No se trata de defender porque sí cualquier lugar abandonado, sino de promover una gestión adecuada del territorio tras conocer científicamente su interés y potencial”, puntualiza Javier Grijalbo.

En el municipio madrileño de Coslada, por ejemplo, había un solar de unas 10 hectáreas que albergaba más de 350 especies, algunas de ellas en peligro de extinción, que ya ha desaparecido, y con él toda su riqueza botánica. En este descampado madrile-

ño había morra, o alcachofera (*cynara tournefortii*), y malvella sherardiana, incluidas –dentro de la Lista Roja de la Flora Vascular correspondiente al año 2008– como especies consideradas en peligro, ya que están calificadas como ‘en situación crítica’ y ‘vulnerable’, respectivamente. También –aunque en menor cantidad– había ejemplares de otras especies significativas, como es el caso de *convulvulus humilis*, *scolymus maculatus* y *teucrium spinosum*.

Su conservación no pasa, necesariamente, por mantener los descampados tal cual están en la actualidad. “La existencia de solares vacíos y terrenos degradados en las ciudades es una oportunidad para dotar a estas zonas de otros significados y también para incorporar la participación de los vecinos en la transformación del paisaje de su entorno vital. La conformación del paisaje urbano debe responder a la diversidad de personas que lo habitan. Así, dependiendo de su situación y características particulares pueden servir para incorporar al espacio público distintos usos, convirtiéndolos en campos de juego, senderos peatonales y jardines comunitarios, por ejemplo”, argumenta Nerea Morán Alonso, investigadora de la Universidad de Vigo, en ‘Huertos y jardines comunitarios’, uno de los artículos publicados en la *Biblioteca CF+S, Ciudades para un futuro más sostenible*, una iniciativa a través de la red internet que fomenta la reflexión sobre el estado de las ciudades y que está auspiciada por el Ministerio de Fomento y por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, de la Universidad Politécnica. ■

Son los microorganismos más abundantes del planeta y están presentes en todos los hábitats terrestres y acuáticos

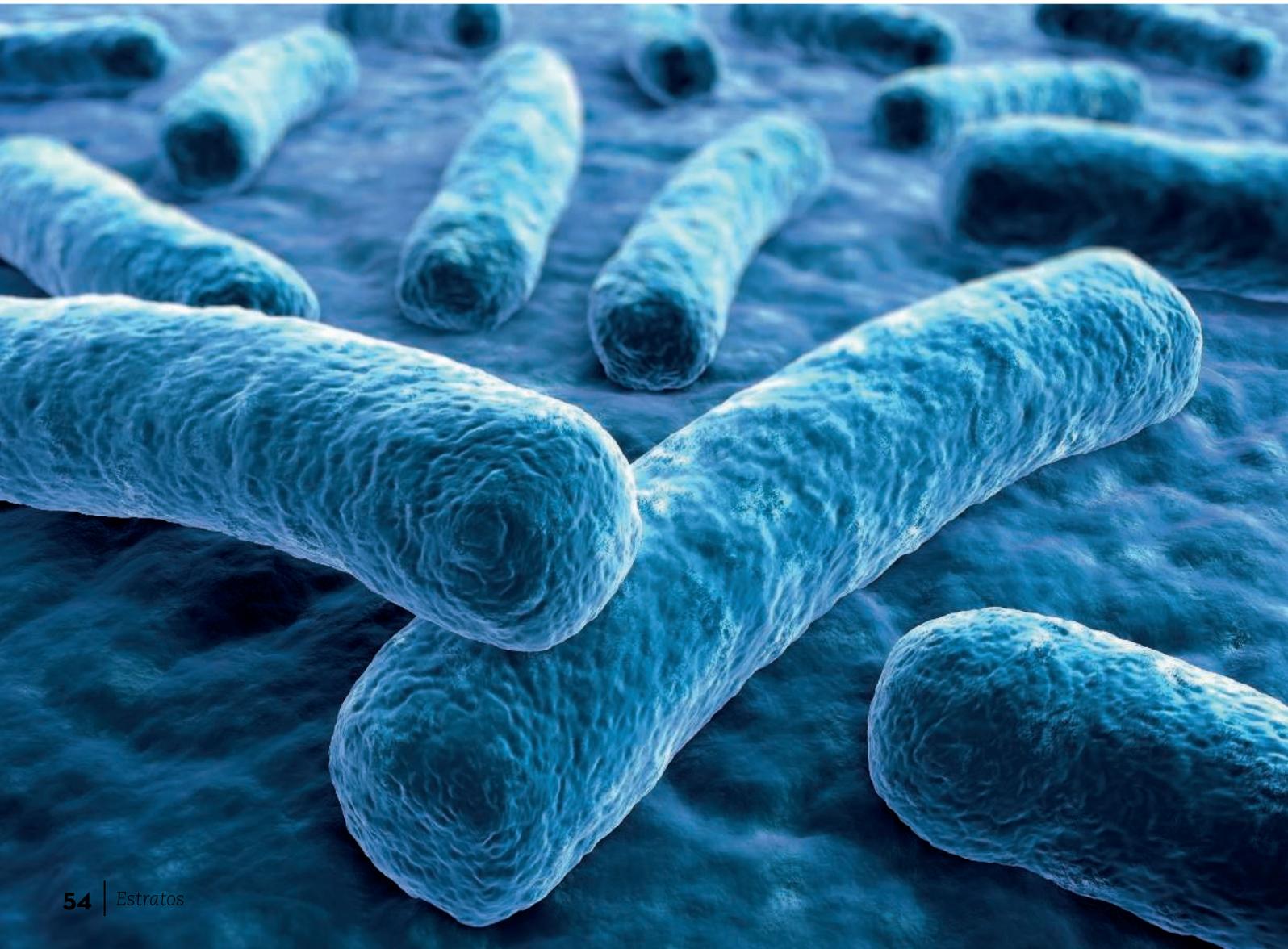
BACTERIAS: ¿MALAS COMPAÑÍAS?

El ser humano lleva consigo muchas más bacterias que células. Millones de estos microorganismos conviven en nuestro cuerpo porque cumplen funciones imprescindibles para el correcto funcionamiento del organismo. Afincadas en la boca o el intestino, influyen de forma decisiva en procesos metabólicos. Estos huéspedes microscópicos también se encuentran en cualquier entorno exterior y 'adheridos' a todos los objetos que se usan en cualquier actividad cotidiana. Incluso una fauna de estos seres microscópicos pueden transformar sustancias orgánicas en inorgánicas y viceversa.

Texto: **ESMERALDA MARDOMINGO**

Fotos: **ARCHIVO WKE**

Imagen microscópica de la Legionela, un tipo de bacteria que puede propiciar enfermedades si hay una bajada en las defensas naturales del cuerpo.



Cuántas veces durante la infancia se escucha esta advertencia en forma de mantra: ¡No toques eso que está lleno de bacterias! Una frase que cada persona acabará también a su vez repitiendo pasados los años en la creencia –errónea– de que esos microorganismos están siempre asociados a enfermedades. Pero su mala fama no siempre es justa. No todas esas bacterias son nocivas para el ser humano. La gran mayoría no interactúa con las personas de ninguna forma, mientras que otras viven o, mejor dicho, conviven con nuestro cuerpo sacando provecho de esta ‘vida en común’. Por un lado, ellas consiguen su alimento y, a cambio, nos ayudan por ejemplo durante la digestión a asimilar bien lo que consumimos o nos protegen frente a la colonización de otras bacterias patógenas.

Eso sí, todo lo que nos rodea está impregnado de estos microorganismos. Son los seres vivos más abundantes y resistentes del planeta. “Están presentes en todos los ecosistemas y colonizan incluso determinados hábitats con condiciones extremas de radiación o temperatura, lo que demuestra su gran capacidad de adaptación”, explica el director del Centro Nacional de Microbiología del Instituto de Salud Carlos III y doctor en Biología, Julio Vázquez.

Las bacterias son microorganismos clasificados como ‘procariontes’, porque no tienen núcleo definido y su información genética se encuentra en un único cromosoma. En su caso, el número de genes oscila entre los 400 y

Cuando una bacteria resiste a condiciones desfavorables es más fácil que pueda transmitirse y las que lo hacen por los alimentos suelen ser más resistentes a los cambios de condiciones ambientales

los 4.500. Pueden ser en forma de cocos (circular), bacilos (bastoncillos) y helicoidales, siendo básica la composición de la pared bacteriana en la forma que cada especie va a presentar. Por regla general, su tamaño oscila entre 0.5 y 5 μm . “Si bien algunas especies de bacterias se sitúan fuera de estos límites por arriba y por abajo, esto representa una excepción”, matiza Vázquez.

¿CUÁNTAS HAY EN EL CUERPO?

Resulta prácticamente imposible calcular cuántas bacterias habitan en el cuerpo humano, pero para el especialista en microbiología deben suponer al menos 2 ó 3 veces el número total de células que tenemos. Sólo en la piel ya se alojan millones de bacterias que crean un hábitat eficaz contra posibles infecciones. En el interior del cuerpo se encuentran fundamentalmente en las mucosas; el aparato digestivo, alojadas en los intestinos grueso y delgado; así como en los genitales, en la uretra en varones y en el cérvix en mujeres.

Para sobrevivir, las bacterias que residen en las mucosas son mucho más dependientes de factores como la humedad y la temperatura. “Se dice que

son más lábiles porque en ausencia de condiciones adecuadas se mueren rápidamente”, dice Julio Vázquez. Cuando una bacteria resiste a condiciones desfavorables es más fácil que pueda transmitirse. Así, las que son transferidas por los alimentos suelen ser más resistentes a los cambios de las condiciones ambientales, mientras que aquellas que el hombre transmite por las minúsculas partículas de secreciones bucales que expulsa al hablar o toser (denominadas ‘fómites’) son más lábiles, pero como en toda regla hay excepciones y no se puede generalizar.

COLONIZACIÓN GLOBAL

Se vive rodeado de bacterias. No sólo alojadas en el cuerpo, también en el agua, en la tierra y en prácticamente todos los objetos cotidianos que se utilizan. Y las manos son una de las partes más expuestas a todo tipo de bacterias, por lo que aquello que se toca y usa a diario –como teléfonos móviles, ordenadores, barandillas, picaportes o grifos– está repleto de estos microorganismos y puede suponer un peligro para la salud, señala el director del Centro Nacional de Microbiología, quien puntualiza que, más que este tipo de objetos, lo que realmente facilita la dispersión

Para evitar los efectos perjudiciales hay que seguir los calendarios de vacunas, no hacer un uso indiscriminado de los antibióticos y mantener unas normas básicas de higiene

de las bacterias y la potencial introducción de especies o grupos particulares en zonas geográficas nuevas es la facilidad y rapidez con la que se viaja por el mundo en la actualidad: “Las bacterias nos colonizan y como resultado de esta colonización viajan con nosotros”.

En consecuencia, no hay reglas para evitar los efectos perjudiciales de las bacterias, aunque sí tres básicas recomendaciones: seguir los calendarios de vacunas, no hacer un uso indiscriminado

de los antibióticos y mantener unas normas básicas de higiene. Un gesto tan simple como lavarse las manos, cuando se va a cocinar o antes de comer, elimina o reduce mucho la presencia tanto de virus como de bacterias. Así podría disminuir la transmisión de enfermedades como la gripe o dolencias gastrointestinales, fundamentalmente al preparar el biberón de un lactante o el puré de un niño. Y hay que utilizar los antibióticos de forma responsable. El autoconsumo de estos medicamentos, muchas veces sin

justificación médica, hace que las bacterias se estén haciendo cada vez más resistentes a ellos y, en algunos casos, poniendo en riesgo que el ser humano se quede sin estas valiosas armas terapéuticas. “La creencia popular sigue siendo que los antibióticos son eficaces en cualquier enfermedad infecciosa y la realidad es que hay determinadas bacterias que son resistentes ya a casi todos los antibióticos hoy día disponibles”, confirma Vázquez.

BENIGNAS Y PATÓGENAS

Aunque en principio algunas especies de bacterias no suponen ningún peligro, sí pueden propiciar alguna enfermedad si, por ejemplo, se rompe la continuidad de la barrera constituida por la piel a través de una herida; si hay una bajada en las defensas naturales del cuerpo o bien por alteraciones en la llamada ‘flora normal’. Es decir, el conjunto de bacterias que viven de forma habitual en el organismo humano. “En estos casos”, aclara Vázquez, “serían patógenos oportunistas y en condiciones normales no se asocian a ninguna patología”. También hay un pequeño porcentaje de las bacterias conocidas que sí son patógenas en cualquier circunstancia. “Son bacterias que tienen ‘factores de virulencia’, conocidos o no, que les permiten producir la enfermedad con la que se asocian”. Van desde patologías leves, como el catarro común, hasta otras afecciones, tan graves y conocidas, como la meningitis, el cólera, la sífilis o la tuberculosis. Finalmente, existen algunas especies de bacterias que no son patógenas excepto unos grupos concretos de individuos que se conocen como ‘líneas virulentas o hipervirulentas’ que

Los descubridores de los ‘animáculos’

Las bacterias fueron descritas por primera vez en 1683 por Anton van Leeuwenhoek, un comerciante holandés que está considerado el padre de la microbiología, gracias a un microscopio diseñado por él mismo. No obstante, la descripción de lo que definió como ‘animáculos’ probablemente englobaba observaciones de protozoos (microorganismos unicelulares eucariotas) y bacterias, sin diferenciarlos. En cualquier caso, este científico no los relacionó con la propagación de enfermedades. Fue otro investigador, Marc von Plenciz, ya en el siglo XVIII, quien concluyó que las enfermedades infecciosas eran ocasionadas por los ‘animáculos’ descritos por Leeuwenhoek.

El nombre de bacteria para englobar aquellos organismos microscópicos fue definitivamente propuesto por el científico alemán Christian Gottfried Ehrenberg en 1828. Más tarde, en el siglo XIX, Louis Pasteur desarrolló y demostró experimentalmente la teoría germinal de las enfermedades infecciosas, según la cual toda enfermedad infecciosa tiene su causa en un agente vivo microscópico con capacidad para transmitirse.

La actividad de las bacterias es clave en el campo farmacológico para la producción de antibióticos, nuevos medicamentos y vacunas, y en la industria alimentaria para actuar en el proceso de fermentación

sí lo son. “La característica o características que hacen que estos grupos sean patógenos, mientras el resto de la especie no, no es bien conocido”, reconoce el especialista en microbiología.

Además de los beneficios que tienen para el organismo, son de utilidad en muchas industrias, que dependen de la acción bacteriana para la preparación de

sus productos. La actividad de las bacterias es clave en el campo farmacológico para la producción de antibióticos, nuevos medicamentos y vacunas; en la industria alimentaria, actuando en las fermentaciones del queso, la cerveza o el vino; y en el área medioambiental, con la degradación de los residuos. No obstante, según Vázquez, probablemente serán aún más importantes los

efectos positivos que están por venir: “Se lograrán, por ejemplo, aplicaciones destinadas a la degradación de plásticos o la limpieza de vertidos petrolíferos. El futuro inmediato probablemente nos deparará un buen número de beneficiosas funciones que hoy desconocemos”.

Y es que todavía se han identificado pocas bacterias. Las que han sido ya detectadas sólo representa un pequeño porcentaje del total de especies y variedades diferentes que potencialmente deben existir, ya que muchas no pueden cultivarse en laboratorio por sus condiciones especiales de crecimiento y sólo una pequeña parte de las conocidas son capaces de producir algún tipo de enfermedad en el ser humano. ■



SARM es una cepa de la bacteria *Staphylococcus aureus* que se ha vuelto resistente a varios antibióticos, primero a la penicilina en 1947 y luego a la metilina.



Instalación del Centro Nacional de Hidrógeno (CNH2) donde se realizan ensayos de caracterización a electrolizadores y pilas de combustible.

El Centro Nacional del Hidrógeno, ubicado en Puertollano, se ha convertido en el nexo entre ciencia, industria y sociedad

EL 'IMPULSO' DEL HIDRÓGENO

Aunque haya que producirlo y extraerlo de la combinación de otros elementos, la abundancia de hidrógeno ha hecho incrementar las investigaciones para generarlo y usarlo como fuente de energía. Entre los obstáculos para su desarrollo e implantación todavía está el almacenamiento y el elevado coste de dicha producción, pero su empleo como combustible o generador de electricidad lo hacen muy atractivo. El Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2) –fruto del consorcio entre el Ministerio de Economía y Competitividad y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha– es una de las instalaciones punteras dedicada a la investigación de tecnologías con hidrógeno y pilas de combustible.

Texto: **PABLO ALMERA**

Se trata del elemento más abundante del universo –el primero de la tabla periódica–, pero en la Tierra el hidrógeno no es un recurso natural, se encuentra combinado con el oxígeno, formando moléculas de agua, o con el carbono, creando compuestos orgánicos. Y al igual que la energía eléctrica, la gasolina o el gasoil, hay que producirlo. Se considera, por tanto, un vector energético y no una fuente.

Este elemento se produce a partir del agua, de recursos fósiles, de biomasa, y hasta de microorganismos, gracias a la electrolisis, la gasificación, el reformado o los procesos biológicos. Debido a esa diversidad de los recursos a partir de los que se puede producir, la utilización del vector hidrógeno permite una gran seguridad de abastecimiento y acceso a energía, ya que es posible obtenerla como mejor interés.

Todos estos procesos de transformación suponen un gasto energético cuyos costes son, en cierta medida, asumibles, al igual que pasa con la electricidad, pero, a diferencia de ésta, el hidrógeno –como la gasolina, el carbón o el gas natural– se puede almacenar. A esta gran ventaja, hay que sumar la posibilidad de utilizar fuentes de producción autóctonas, y por tanto no depender de tener que importar energía de otros países. Además, cuando el hidrógeno se produce a partir de fuentes renovables vía electrolisis y se usa en pilas de combustible,

las emisiones asociadas a la producción de esa energía son nulas y el único ‘residuo’ generado es agua. Y otro dato: un kilogramo de hidrógeno puede liberar casi el triple de energía que la gasolina o el gas natural.

EL RETO DEL ALMACENAMIENTO

El problema se presenta a la hora de almacenar el hidrógeno, pues el gran volumen que ocupa es, en la actualidad, el gran reto tecnológico. Desde 2007, el Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2) está centrando la mayor parte de sus esfuerzos en desarrollar las mejores soluciones en este punto. “Para solucionar o minimizar el escollo del almacenamiento, es básico que empresas e investigadores dispongan de una instalación experimental flexible como CNH2, centrada en las tecnologías del hidrógeno como vector energético, especialmente el obtenido a partir de las energías renovables y aplicado mediante pilas de combustible. Un centro con capacidad para desarrollar y complementar los diferentes experimentos y avances científicos y tecnológicos de la comunidad científica y del entorno productivo, así como las actividades estratégicas propias requeridas para dar cumplimiento a los planes directores de I+D+i”, explica la doctora Lourdes Rodríguez, directora de este centro ubicado en Puertollano (Ciudad Real).

Para conseguirlo sus objetivos, el CNH2 dispone de doce laboratorios, el demostrador de edificio

energéticamente eficiente y el taller de fabricación de prototipos. Se trata de unas instalaciones abiertas a investigadores y empresas, cuyos profesionales trabajan y orientan en el diseño, dimensionamiento e ingeniería para instalaciones de hidrógeno de media y baja potencia; diseñan y construyen bancos de ensayo para todo tipo de dispositivos relacionados con hidrógeno; realizan ensayos de caracterización a electrolizadores y pilas de combustible con capacidad para emular todo tipo de generación renovable y con cargas eléctricas programables; elaboran procedimientos de ensayo para stacks y electrolizadores alcalinos; o dimensionan aplicaciones con hidrógeno.

Con nueve años de existencia, el Centro Nacional del Hidrógeno ha logrado formar el mayor grupo de expertos relacionados con el hidrógeno y las pilas de combustible de toda España. Asimismo, participa en casi una veintena de proyectos de diferente índole (regionales, nacionales y europeos), desempeñando en muchos de ellos otro de los roles para los que el CNH2 fue creado: ser la bisagra entre el mundo de la investigación y la empresa.

También lleva a cabo una labor divulgativa sobre el hidrógeno para que este elemento se visualice como una respuesta cercana a muchas de las incógnitas que la sociedad se plantea en el sector energético. “Son estas acciones las que han hecho posible que, a día de hoy, cuando alguien piensa en

En políticas energéticas, la UE dispone de planes específicos para el desarrollo de las infraestructuras necesarias para el uso del hidrógeno en el campo del transporte y la movilidad

hidrógeno en España, y en algunos países sudamericanos, tenga como la mayor referencia al CNH_2 ", afirma Rodríguez.

IMPLANTACIÓN EN EL MERCADO

La utilización del hidrógeno como combustible no es nueva, pero sí son una novedad las tecnologías que se están desarrollando para su extracción y almacenamiento. El diseño de estas tecnologías está orientado a hacerlas viables teniendo en cuenta que, para que sea posible comercializar un producto, es necesario la racionalización de

los precios, en este caso el de los costes asociados a los equipos necesarios para su producción y consumo a gran escala, y la implementación de las políticas energéticas pertinentes.

En cuanto a los costes, el precio del hidrógeno –sobre todo, el renovable– es todavía algo elevado si se compara con el de otros medios de producir energía. Del mismo modo, también son elevados los precios de los equipos que se requieren para su producción vía electrolítica, así como las pilas de combustible. De todos modos, en los últimos años se han reducido exponencialmente y se espera que la ten-

dencia se mantenga. Respecto a las políticas energéticas, la UE ya ha marcado el camino y países como Alemania, Francia o los países escandinavos, disponen de planes específicos para el desarrollo de las infraestructuras necesarias para el uso del hidrógeno en transporte y movilidad. En España, en plena elaboración del Plan Nacional de Movilidad Alternativa, la previsión apunta a la construcción de 20 estaciones de servicio (hidrogeneras) y 500 vehículos para el año 2020, automóviles cuyo precio de venta se estima que se equiparará al de los actuales en 2023.

Actualmente existen vehículos eléctricos de pila de combustible alimentada por hidrógeno que almacenan alrededor de 6 kg. de hidrógeno a 700 bares de presión, lo que les confiere una autonomía de 600 kilómetros, y que requieren sólo res minutos para recargarse, frente a los 150 minutos de los eléctricos. Mientras que el hidrógeno empleado en los cohetes espaciales está licuado, el de los



Uno de los vehículos comerciales que emplean hidrógeno como combustible.

© Toyota

Pros y contras del hidrógeno como energía

- Si se produce a partir de fuentes renovables no contamina ni consume recursos naturales. Por ejemplo, si se obtiene del agua, se oxida y luego se 'devuelve' al agua.
- En caso de que haya alguna fuga, resulta seguro si se disipa rápidamente en la atmósfera. Eso sí, si se almacena en estado líquido los depósitos deben estar muy bien aislados, ya que el hidrógeno hierve a -250 grados. No hay que olvidar que es uno de los gases más inflamables.
- Su eficiencia es elevada porque las celdas de combustible convierten de forma directa la energía química en electricidad.
- Se trata de un tipo de energía que permite un funcionamiento prácticamente silencioso de los equipos o dispositivos que funcionan con ella.
- Su tecnología es duradera y no requiere de demasiado mantenimiento.
- Es ajustable al tamaño o necesidades de todo tipo de equipamiento, ya que las celdas de combustible se pueden modular para aplicar en pequeños vehículos o para generar la energía de grandes comunidades.
- Al ser un gas muy poco denso, se requiere de depósitos más grandes que los que emplean otras energías. Por eso es necesario el paso previo de comprimirlo en tanques presurizados para que sea más denso y ocupe menos.

coches se almacena en depósitos a presión, porque licuarlo resultaría muy caro. Según Antonio Chica, especialista del CSIC en produc-

ción de hidrógeno, "el kilo de hidrógeno tiene mucha más densidad energética que el de gasolina. Es muy fácil tener gasolina licuada

y meter ese kilo en un volumen pequeño, mientras que para conseguirlo con uno de hidrógeno se requiere un depósito grande".

No todo está orientado al sector de automoción. Uno de los usos en los que se centran las investigaciones es el que permita transformar el hidrógeno en electricidad a través de una pila de combustible, un proceso en el que se mezcla este elemento con oxígeno a través de membranas que separan los protones de los electrones, haciendo que estos últimos pasen por un circuito externo en el que se genera electricidad y que produce como único residuo el vapor de agua. En la actualidad, el rendimiento de las pilas por hidrógeno, respecto a baterías convencionales, aún está lejos de lograrse, pero, en cambio, su tiempo de recarga es mucho más reducido. Además, no requiere conectarse, como otras baterías, a la red eléctrica. La pila de combustible sólo se debe recargar de hidrógeno.

En el CNH2 se trabaja activamente en todo tipo de pilas de combustible para toda clase de aplicaciones, no sólo para las dirigidas al transporte. Existe una línea de investigación y desarrollo de pilas portátiles, para pequeños dispositivos eléctricos (incluidos teléfonos inteligentes), y estacionarias, para generar electricidad y calor, o como generadores de emergencia, en grandes superficies y entornos residenciales. De ahí la importancia, para fomentar la introducción definitiva de las tecnologías de hidrógeno o de las pilas de combustible, de instalaciones que permitan ensayos o procesos de caracterización, homologación, certificación o validación de los desarrollos que se obtengan. ■



Las conocidas como hidrogeneras se pueden instalar en las estaciones de combustibles ya existentes, compartiendo infraestructuras y personal de operación y mantenimiento.

© CNH2



Araña tigre de jardín, ilustración realizada por Ever Luna Yaqueno

El fruto de pasar una realidad natural por el filtro de la percepción y la conceptualización

EL ARTE DE LA IMAGEN CIENTÍFICA

Tras la belleza y exactitud de las ilustraciones científicas hay mucho más de lo que muestran en la superficie de sus láminas: recabar la documentación previa, acudir a espacios naturales donde vive o vivía el espécimen a representar, contar con fotografías de referencia, realizar los primeros bocetos o usar técnicas compositivas adecuadas para situarlo en su contexto. Y todo ello con herramientas clásicas, como el lápiz, o nuevas tecnologías que permiten modelar en tres dimensiones. Eso sí, para algunos, el dibujo manual será siempre la herramienta de precisión que cristaliza el conocimiento acumulado a través de la observación directa.

Texto: **ELENA GARCÍA QUEVEDO**

Fotos: **ILUSTRACIENCIA**

La ilustración científica se adapta a la vieja máxima de lo más antiguo ahora es lo más nuevo. La suma de arte y representación fidedigna recibe tanta importancia hoy como la tuvo ayer. “Es un hecho que una imagen vale más que mil palabras y que hay ilustraciones que no pueden sustituirse por fotografías. La ilustración permite ‘manipular’ la imagen, mostrar algo que ya no existe o hacer más benévolo al ojo humano el objeto que se muestra. Por ejemplo, permite representar un dinosaurio extinto o también un corazón abierto en un libro de texto de primaria que podría ser poco aconsejable mostrar a través de una fotografía. La ilustración sintetiza imagen y arte”, dice Miguel Baidal, coordinador general de Ilustraciencia, un proyecto para divulgar la ilustración científica a través de premios y exposiciones, que fue creado por el Estudio Connecta Ciência y está financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, perteneciente al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

ESENCIA INVARIABLE

“Con la irrupción del mundo digital hubo un mal momento para la ilustración científica, pero por otro lado, curiosamente, las redes sociales han dado a conocer más y mejor el trabajo de los ilustradores y la tendencia ha cambiado”, afirma Baidal. En cualquier caso, no parece haber variado la esencia de los ilustradores científicos de hoy respecto a los de ayer. Desde el trabajo de los bestiarios medievales, que mostraban la visión teocéntrica del mundo, pa-

sando por las representaciones de 18 especies de plantas realizadas por el pintor flamenco Jan Van Eyck en *Cuerpo Místico* o hasta la exquisita –considerada así por la mayoría de los especialistas– obra del artista del Renacimiento Alberto Durero, quien fue capaz de representar con bastante fidelidad animales como el rinoceronte, al cual jamás había visto, y otros especímenes a los que alcanzó a dibujar a la perfección y con todo tipo de detalles.

De hecho, hoy como ayer, la primera herramienta de trabajo es la documentación. Un proceso en el que muchos profesionales consideran imprescindible acudir a espacios naturales para tener una imagen fidedigna de lo que van a representar o de algo que sea semejante. A continuación, se siguen realizando los dibujos que permiten obtener los primeros bocetos hechos a base de lápiz y papel. Y, posteriormente, se emplean las técnicas compositivas para dibujar en su contexto al objeto en cuestión, como es el caso de acuarelas y del *scrash*, o rayado, con lápiz o tinta china. Además, en la actualidad se utilizan en ocasiones diversos programas informáticos para modelar en 3D y el sempiterno programa Photoshop.

LAS CLAVES DE ANTAÑO

La ‘lección’ de Alberto Durero sigue muy vigente.

“Una buena figura no puede hacerse sin diligencia y cuidado. Antes de ponernos a trabajar en ella debemos haberla considerado bien, pues no nos saldrá bien del azar. Porque como las líneas de su forma no pueden trazarse con compás o regla, sino que deben ser dibujadas a mano de punto a punto, es fácil errar en ellas. Y al proyectar tales figuras debe aplicarse gran atención a las proporciones humanas y todos sus tipos deben ser investigados. Yo entiendo que cuanto más exactitud y cuidado se ponga en hacer que la figura se parezca a un hombre, tanto mejor resultará la obra.”, explicaba Durero en uno de los cuatro libros que dedicó a las proporciones humana. “Tengo a la naturaleza por maestra”, añadía.



Ilustración de Blanca Martí Manipulación en chimpancés



Chameleon, obra del ilustrador Negar Kardoni

Muchos profesionales de la ilustración científica mantienen claves de antaño como base de su trabajo. “Para mí, el arte es inseparable de la naturaleza. El lápiz es una herramienta de sutileza infinita. El dibujo es una herramienta de conocimiento y de aprendizaje. La separación entre arte y ciencia en nuestra sociedad me parece artificial. Es un resultado de la necesidad de especializarnos para entrar en la maquinaria productiva. El dibujo manual es una herramienta de

precisión que cristaliza todos los matices del conocimiento que el cerebro ha acumulado a través de observaciones directas. Cuando hay mucha tecnología entre medias es fácil que el producto final se vuelva entonces más tosco y ortopédico”, explica Mauricio Antón, un ilustrador científico que ha dado rostro humano a los fósiles del homo antecesor, a los de la Sima de los Huesos de Atapuerca y a la mayoría de los restos encontrados en estos yacimientos.

Recreación de una escena prehistórica realizada por Mauricio Antón



En el trabajo de Antón, galardonado con premios como el Lanzendorf, que concede la Society of Vertebrate Paleontology, la documentación es clave: “La belleza de los fósiles y de los organismos a los que pertenecieron es inspiración suficiente. Utilizar las herramientas gráficas para plasmar el conocimiento científico le da a cada línea una razón de ser y una belleza funcional. El artista o creador de la obra pasa a segundo plano, aunque siempre está ahí. Pero la sobriedad de estos trabajos es una de sus cualidades fundamentales porque son trabajos funcionales”.

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Sin embargo, la ayuda que aportan las nuevas tecnologías puede ser fundamental y un buen ilustrador puede usarlas a su favor. “Mis técnicas han cambiado con el tiempo. Los originales en color los realicé durante muchos años con óleos, pero desde hace unos

La tecnología puede ser clave en el momento en el caso de tener que reconstruir espacios inexistentes o animales extintos de los que sólo quedan sus fósiles

diez años los hago con técnicas digitales. Eso sí, ahora, como antes, el dibujo inicial lo realizo a lápiz”, dice este ilustrador español cuyos diseños también han dado vida a algunas obras audiovisuales y en cuyas ilustraciones del paleolítico suponen una suma de investigación científica, observación de la realidad y puro arte. Y es que no se trata de representar la realidad de forma mecánica, sino de hacer que pase por su mirada para darle nuevos matices.

“No es cuestión de representar lo que vemos de manera mecánica como una cámara fotográfica. Se trata de pasar esa realidad natural por el filtro de la percepción y la conceptualización para generar imágenes que son como una combinación química entre nuestra mente y el sujeto que se representa. Como toda combinación química es algo nuevo y distinto de los ingredientes separados que la componen”, explica Antón.

Hoy por hoy ilustración, fotografía y tecnología hacen buenas migas. La fotografía es complementaria con el dibujo. De hecho, muchas ilustraciones tienen por referencia unas buenas fotos. Algunos ilustran manualmente y otros digitalmente. Aparte, la tecnología puede ser clave también en el momento de la inspiración, en el caso de tener que reconstruir espacios inexistentes o animales extintos de los que sólo quedan

sus fósiles, así como situaciones marcadas por imaginación y belleza. La información de los fósiles fragmentarios de un yacimiento se combina con material de otros lugares para completar la imagen de cada especie. Un proceso que implica la creación de bocetos que son revisados por los expertos en cada campo hasta alcanzar un consenso. Cuando se ha reconstruido la anatomía de una especie concreta hay que representar su comportamiento y aquí entra en juego otro tipo de información, desde la biomecánica hasta la arqueología. Por último se incorpora información paleoecológica para ilustrar el

entorno en el que se desarrollaban estas especies.

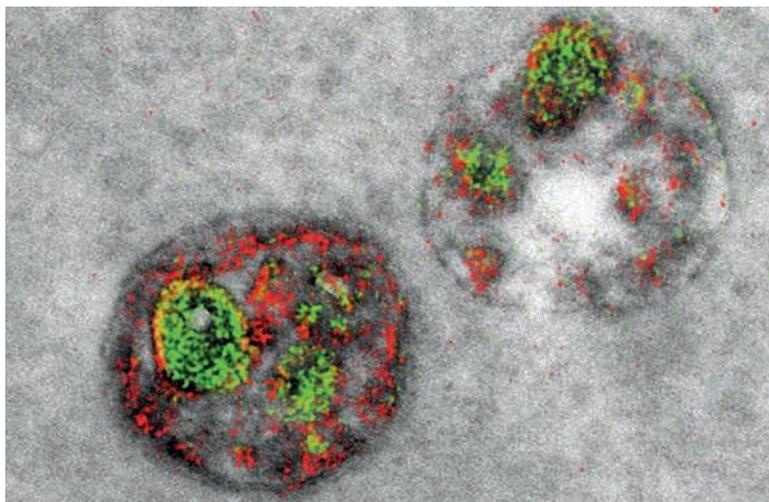
Mauricio Antón es uno de los muchos profesionales que se ha nutrido tanto de arte como de ciencia, porque una buena ilustración científica no es nada si no tiene rigor. Los científicos suelen trabajar de la mano de los ilustradores científicos o, al menos, supervisar su trabajo. “La reconstrucción es por definición una labor de equipo. Yo colaboro con los científicos, pero en los aspectos más específicos de la reconstrucción, tales como anatomía comparada, anatomía funcional y biomecánica, me parece esencial tener criterio propio así que hago bastante investigación en esos campos”. El trabajo entre científicos e ilustradores depende del tema y del proyecto. Hay temas en los cuales, el ‘dibujante’ he acumulado experiencia con los datos que ha recopilado y otros, sobre todo si son especies descubiertas recientemente, en las que requiere una asesoría más intensa. ■



Cordyceps unilateralis, de Jiame de la Torre Naharro

PRIMERAS IMÁGENES EN COLOR TOMADAS CON UN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

Tras 15 años de trabajo, investigadores de la Universidad de California han logrado visualizar las primeras imágenes en color tomadas a través de un microscopio electrónico, dispositivo que, aunque amplía una muestra diez millones de veces más que un microscopio óptico, sólo permitía el blanco y negro debido a que la técnica en la que se basa elimina los matices cromáticos. El fruto de esta investigación – basada en cubrir las muestras con iones metálicos y usar des-



© Stephen Adams

Una de las primeras imágenes en color tomadas a través de un microscopio electrónico.

pués un detector que captura los electrones que ‘colorean’ los iones– permitirá a la comunidad científica disponer a partir de

ahora de un microscopio electrónico multicolor que posibilite observar con mayor detalle los procesos celulares. ■

LAS NOVAS SON LA FUENTE PRINCIPAL DE LITIO DEL UNIVERSO



© David A. Hardy/PPARC

Concepción artística de un sistema binario similar al que produjo Sagittarii 2015 N.2.

Se sabía que el origen del elemento más ligero que existe, el litio, se hallaba en fenómenos astrofísicos, pero la procedencia exacta de la mayor parte de este elemento todavía no se había podido aclarar. Un equipo internacional –en el que ha participado el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)– ha detectado en la nova Sagittarij 2015B2 grandes cantidades de berilio 7, un elemento inestable que en apenas 53 días se transforma en litio. Este descubrimiento muestra que las novas son la principal fuente de litio que existe en las galaxias. ■

DE PEDRUSCO A CEREBRO FOSILIZADO DE DINOSAURIO



El fósil fotografiado junto a un penique como referencia de su tamaño.

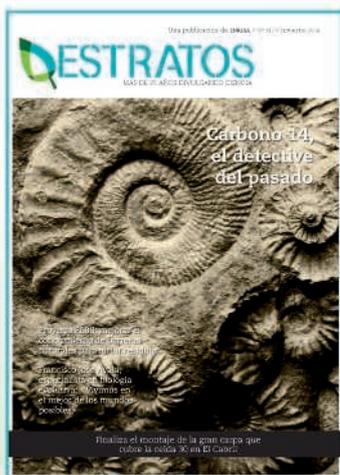
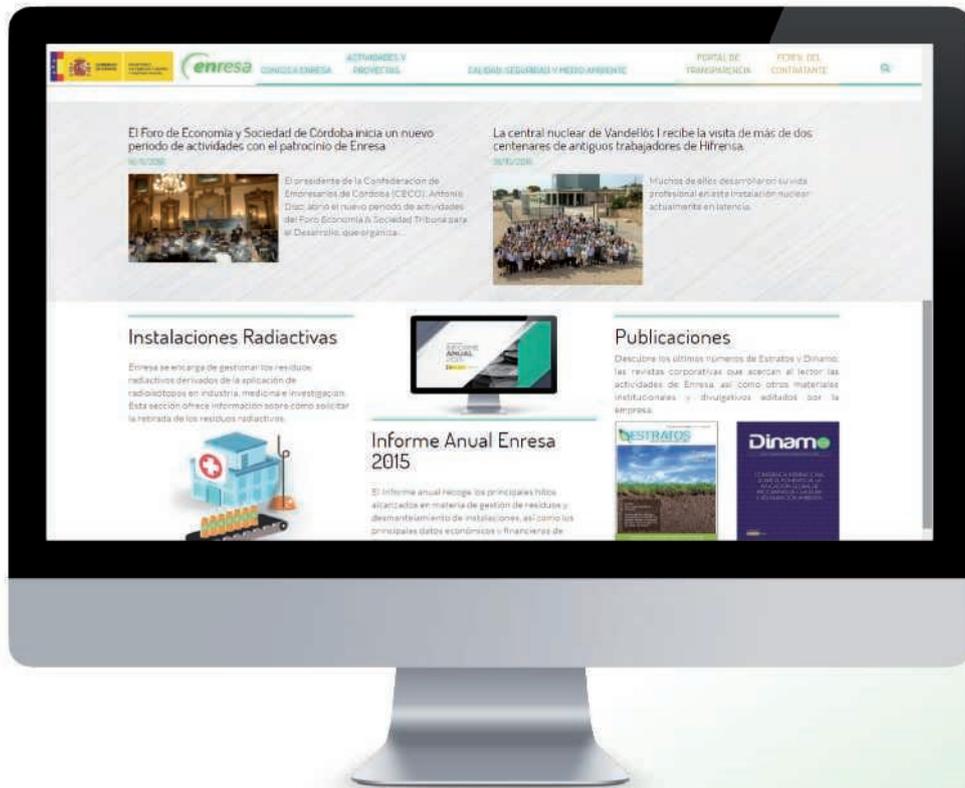
© Jamie Hiscocks

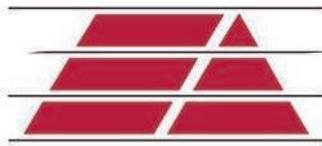
Se ha tardado casi doce años en determinar que el fósil encontrado en 2004 al sur de Inglaterra por un simple aficionado llamado Jaime Hiscocks, y que a simple vista parecía un pedrusco, se trata, según investigadores británicos y australianos, de un cerebro de dinosaurio fosilizado. Mediante un microscopio electrónico de barrido de alta resolución han observado que la conservación del fósil es excelente, ya que se han preservado durante más de 130 millones de años todo tipo de tejidos blandos: vasos sanguíneos y capilares, meninges, tejido de la corteza... Esta investigación confirma que los dinosaurios tenían un cerebro similar al de aves y cocodrilos. ■

IDENTIFICADA UNA MUTACIÓN GENÉTICA QUE RALENTIZA EL CEREBRO

Un equipo de investigadores de la Universidad McMaster, de Canadá, ha identificado cómo las mutaciones de un gen llamado DIXDC1 perjudican el crecimiento de la sinapsis e impiden la actividad cerebral. Un gen que incluso en individuos autistas directamente se desconecta, hace que la sinapsis permanezca inmadura y la actividad cerebral se reduzca. Este descubrimiento permite dar un gran paso en el desarrollo de fármacos para combatir el autismo desde su raíz, capaces de volver a encender DIXDC1 y corregir las conexiones sinápticas. ■

Descárgate la versión digital de Estratos en www.enresa.es





EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

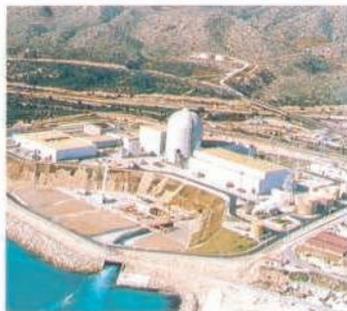
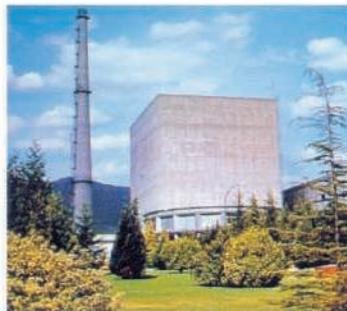
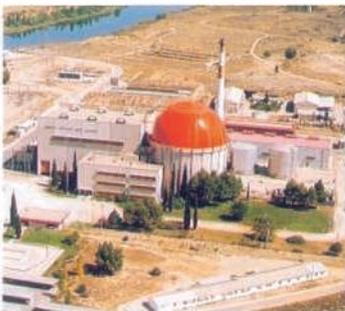
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

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

■ **Tecnología**

■ **Experiencia**

■ **Dedicación** ■



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

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

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