

ESTRATOS



El Cabril

*celebra su
30 aniversario*

Entrevista a
Yolanda Benito
Directora General
del CIEMAT

**Huella de
Carbono
de Enresa**

**Agujeros
negros,
huidizo objeto
de estudio**

Treinta años de funcionamiento de El Cabril



Para Enresa, este año que está a punto de finalizar ha sido muy especial por cumplirse, el pasado mes de octubre, el 30 aniversario de la entrada en funcionamiento del centro de almacenamiento de residuos de media, baja y muy baja actividad de El Cabril.

Quedan ya lejanos aquellos días de 1989 en los que, siendo ministro de Industria Claudio Aranzadi, se autorizó desde ese ministerio, en colaboración con las autoridades de Andalucía, la construcción de El Cabril. La instalación comenzaba a funcionar en octubre de 1992, un año mágico para España en el que se vivían eventos como los Juegos Olímpicos de Barcelona o la Expo de Sevilla, unos hechos que nos situaron en el centro de la atención del mundo. La puesta en marcha de El Cabril supuso también otro punto de atención internacional, y una muestra del talento y la solvencia profesional de los técnicos de Enresa, que fueron capaces de poner en marcha, en menos de 48 meses, un sistema de gestión y una instalación de almacenamiento que da solución segura y definitiva a los residuos radiactivos de media, baja y muy baja actividad procedentes de hospitales, centros de investigación, industrias y otras instalaciones nucleares y radiactivas de España.

En paralelo a la transformación social y económica experimentada por España en los últimos treinta años, Enresa ha ido adaptándose a los cambios, aunque manteniendo a lo largo de este tiempo el objetivo y la razón de servicio público para la que fue creada: trabajar para que los residuos radiactivos no tengan ningún impacto ni sobre las personas, ni sobre el entorno.

El Cabril llega hoy consolidado como la mejor solución para la gestión de estos materiales. Tres décadas después, el centro sigue siendo un referente internacional como modelo de gestión, tal y como siguen atestigüando las continuas visitas técnicas internacionales que acuden para asesorarse y conocer el funcionamiento de esta instalación andaluza y española.

Enresa tiene en esta instalación su piedra angular, una pieza que ha sabido ir adecuándose y adaptándose a los nuevos retos y necesidades que durante estos años han ido surgiendo en el camino. Todo ello, mediante una continua mejora y adecuación de los procesos, adoptando las nuevas tecnologías que han ido surgiendo y que, de esta manera, han mantenido la instalación a la vanguardia de la gestión de este tipo de residuos.

Es de dominio público lo que representa El Cabril. En primer lugar se trata de una instalación que atiende a una necesidad nacional: el tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad. Segundo es la amplitud de servicios que presta Enresa, que actualmente atiende a más de 1.000 instalaciones radiactivas y nucleares. Por ello, podemos asegurar que El Cabril es, sin ninguna duda, una pieza fundamental en los panoramas sanitario, investigador y energético españoles.

Pero este camino no lo hemos recorrido solos. Enresa, desde la puesta en marcha de El Cabril, ha sabido avanzar unido al devenir de los pueblos de su entorno y se ha implicado en su desarrollo social, cultural y económico, siempre en virtud de las posibilidades y capacidades que la normativa jurídica que regula su actividad le han permitido, y favoreciendo proyectos de interés para los municipios.

Hoy El Cabril sigue siendo, tal y como lo ha definido el presidente de Enresa, Jose Luis Navarro, "el corazón" de esta empresa, un corazón que sigue fuerte y funcionando como el primer día gracias a la dedicación y profesionalidad de sus trabajadores. Porque una instalación es modélica en la misma medida que las capacidades y el compromiso de su equipo humano son capaces no solo de llevarla a ese nivel, sino de mantenerla durante tantos años a la vanguardia internacional. Es precisamente la experiencia de este capital humano la mejor garantía de futuro de El Cabril.



EMPRESA NACIONAL DE RESIDUOS RADIATIVOS S.A. S.M.E.

ESTRATOS

Comité Editorial:

José Luis Navarro Ribera, presidente de Enresa.
 María Pérez Fernández, directora de Sostenibilidad y Comunicación.
 Álvaro Rodríguez Beceiro, director Técnico.
 Mariano Navarro Santos, director de Ingeniería.
 Eva M^o Noguero Cubero, directora del Centro de Almacenamiento de El Cabril.
 Manuel Rodríguez Silva, director de Operaciones.

Directora:

María Pérez Fernández.

Subdirectora:

Teresa Palacio.

Redactor Jefe:

Jorge Fernández.

Secretarías de redacción:

Yolanda Gil López, Mercedes Martí Izci.

Redactores y Colaboradores:

Jorge Fernández, Emilio García Neri, Ignacio Fernández Bayo, Teresa Palacio, Antonio Rodríguez Calón, Ainara de la Rúa, José María Montero, Nuria Prieto, Pablo Francescutti y Álvaro Rojo.

Fotografía e Infografía:

Archivo Enresa, SKB, Dean Calma, Dereck Dawson, C.N. de Ascó, Comisión Europea,

Junta de Andalucía, OIEA, J.F. Narcea, Bert Knottenbeld, Flickr, Sutterstock, Wikipedia y Miteco.

Producción:

Departamento de Comunicación.

Edita:

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

Dirección postal:

Emilio Vargas, 7, Madrid

Teléfono:

915668100

Página web:

www.enresa.es

Correo:

registro@enresa.es

Diseño y Maquetación:

Ana Arrojo Rubio.

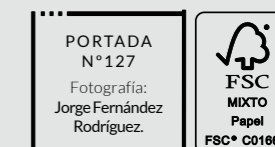
Fotomecánica e Impresión:

Egesa, Estudios Gráficos Europeos, S.A.

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.





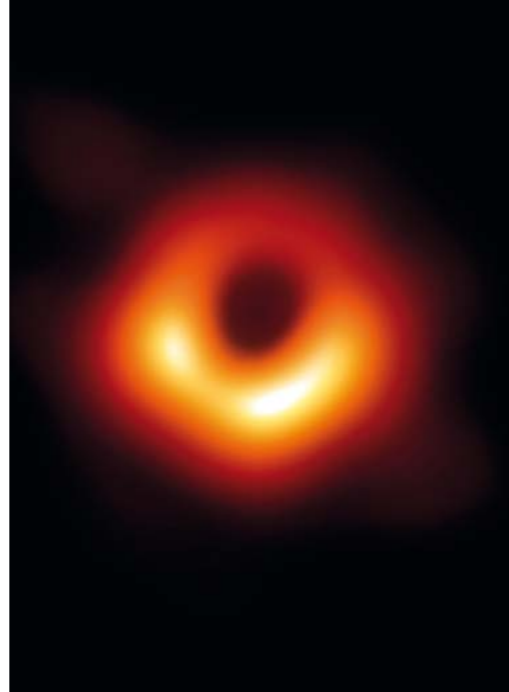
CONTENIDOS

23

INVESTIGACIÓN

Fotografiado por primera vez Sagitario A

El agujero negro del centro de nuestra galaxia ha sido retratado por contraste con su entorno. Es el fruto de un intenso trabajo en el que han participado astrónomos de todo el mundo.



5

ACTUALIDAD

Noticias Enresa

El aniversario de El Cabril, la celebración del XVIII Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente y los avances en la tramitación del 7º PGR centraron la actualidad de Estratos.

10

DIVULGACIÓN

El Cabril cumple 30 años

El centro de almacenamiento de residuos radiactivos de media, baja y muy baja actividad celebra sus 30 años de vida operativa desde la normalidad de tres décadas de gestión segura.

17

COOPERACIÓN

Convención Conjunta sobre Seguridad en Gestión de Residuos

Es el único instrumento jurídicamente vinculante que aborda mundialmente la seguridad en la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos.

28

ENTREVISTA

Yolanda Benito, directora general del CIEMAT

“El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas debe dar respuestas a la sociedad desde la Ciencia”.

33

ENTORNO

Balneario Hervidero de Cofrentes

Con su declaración, en 1902, como Aguas de Utilidad Pública, abrió sus puertas. Más de un siglo después, el balneario es el único en España dirigido y gestionado por médicos.

39

MEDIO AMBIENTE

Enresa calcula su huella de Carbono

En julio de 2022, el MITECO aprobó la solicitud de inscripción de la huella en el Registro de Huella de Carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono.

46

NATURALEZA

El resurgir del monte mediterráneo tras un incendio

Estudio sobre los procesos de recuperación espontánea y, a veces, sorprendente, de los ecosistemas mediterráneos tras el paso del fuego.

52

INTERNACIONAL

Regulación nuclear europea

El Grupo Europeo de Reguladores de Seguridad Nuclear (ENSREG) trabaja en la mejora continua en las áreas de seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos.

56

CULTURA

Súper héroes atómicos

El poder del átomo irradió la cultura popular, engendrando seres extraordinarios. Al principio se trataba de monstruos, pero en los 60 aparecieron superhéroes con poderes sobrehumanos.

ACTUALIDAD

ENRESA

El Cabril celebra sus 30 años de servicio público

Enresa celebró en Córdoba, los días 5 y 6 de octubre, el treinta aniversario de la puesta en marcha del Centro de Almacenamiento de El Cabril. El Palacio de Congresos de Córdoba acogió el día 5 un acto institucional por estas tres décadas de funcionamiento de las instalaciones de El Cabril. En el mismo acto intervinieron el presidente de Enresa, José Luis Navarro; la directora de El Cabril, Eva Noguero; la directora general del CIEMAT, Yolanda Benito y el exrector de la Universidad de Córdoba, Eugenio Domínguez Vilches.

El presidente de Enresa, José Luis Navarro, subrayó las tres décadas de servicio público “seguro, sostenible y transparente” de la instalación

soluciona un problema ambiental”, sino que “ha sabido implicarse en el desarrollo social, cultural y económico de su entorno”.



Arriba, José Luis Navarro, Yolanda Benito, Eva Noguero y Eugenio Domínguez en el acto institucional celebrado en Córdoba. Abajo, el presidente se dirige a los trabajadores de Enresa en El Cabril.

Por su parte, la directora del Centro de Almacenamiento de El Cabril, Eva Noguero, destacó en su intervención que El Cabril sigue siendo valorado internacionalmente “como un centro modelo, cuya concepción y tecnología lo colocan a la vanguardia de las instalaciones existentes en su género”.

Todos los intervinientes en este evento coincidieron en destacar el compromiso, la capacidad y calidad profesional de los trabajadores de El Cabril, como verdaderos protagonistas del éxito de estos treinta años de trabajo y servicio público.

La celebración del aniversario de El Cabril se desplazó al día siguiente a la instalación, y en ella participaron más de 200 empleados de todos los centros de trabajo de Enresa, donde el presidente de Enresa, José Luis Navarro, y la directora de la instalación, Eva Noguero, reiteraron su felicitación y agradecimiento a todos los trabajadores de El Cabril por su desempeño, entrega y dedicación.



La ceremonia contó con una amplia representación de instituciones y organismos que arroparon a El Cabril en esta efeméride. En el transcurso del acto se presentó una campaña de veinte testimonios de personas destacadas de la sociedad civil, la empresa, el medio ambiente, la política, el mundo nuclear y las fuerzas del orden relacionadas con la empresa, que expresaron su visión y las relaciones que mantienen con esta instalación. Además, se estrenó un documento audiovisual sobre el pasado, presente y futuro del centro de almacenamiento ubicado en la Sierra Albarrana.

de almacenamiento, a la que califico como “el corazón” de Enresa. Un centro que, afirmó, “se ha consolidado a lo largo de estos años como la mejor solución para la gestión de los residuos radiactivos de baja, media y muy baja actividad”. Navarro destacó también que El Cabril “no sólo

Contó con la asistencia de más de un centenar de participantes de toda España

El Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente retoma su cita en Córdoba

La Diputación Provincial de Córdoba acogió en septiembre la vuelta del Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente (SIPMA) que, en su decimotercera edición, volvió a retomar sus actividades en esta ciudad de la mano de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental (APIA).

Durante el acto de inauguración, que tuvo lugar el 15 de septiembre, el presidente de Enresa, Jose Luis Navarro, destacó que "Enresa es una empresa comprometida con Córdoba, con la transparencia y con la sostenibilidad. Por eso, añadió, "iniciativas como SIPMA son una forma de cumplir este compromiso de ser socialmente responsables".

El secretario de Estado de Medio Ambiente, Hugo Morán, destacó la importancia que tienen iniciativas de este tipo para reforzar una información ambiental a la que deseó que "en algún momento sea tan importante como la información deportiva o la del corazón". En esta ceremonia intervinieron también Antonio Ruiz, presidente de la Diputación Provincial de Córdoba; Antonio Álvarez, teniente alcalde del Ayuntamiento de Córdoba; y la presidenta de APIA, María García, entidad coorganizadora con Enresa de esta nueva edición del seminario cordobés.

El SIPMA abordó diversos temas de actualidad ambiental y varios talleres prácticos centrados en las nuevas corrientes informativas. Juan Luis Arsuaga, paleontólogo, y director científico del Museo de la Evolución Humana de Burgos, ofició la conferencia de apertura que, con el título "Entre sapiens y neandertales", versó sobre el medio ambiente

a lo largo de la historia de la humanidad.

A continuación, se analizó un caso práctico de comunicación ambiental "La Palma. Una erupción en directo", cuando se cumplía un año de la erupción del volcán. Representantes de la televisión canaria, del Instituto Geográfico Nacional y del Plan PEVOLCA del Gobierno de Canarias relataron su experiencia durante la erupción y cómo se expuso en los medios.

"La Radiactividad cotidiana, desde el arte hasta la agricultura" fue el eje de otra mesa redonda en la que participaron la responsable del departamento de Restauración del Museo del Prado, Laura Alba, que presentó cómo la radiactividad tiene un importante papel en la conservación de obras de arte. Nacho Pla, jefe de obra de TRAGSA y experto en control de plagas, reseñó el uso de radioisótopos para el control de plagas. Posteriormente, intervino la presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica, María Teresa Macías, quien hizo un recorrido por las diferentes aplicaciones de las radiaciones.

La jornada concluyó con tres talleres prácticos. El primero, dirigido por la directora del ObEDes, Asela Pintado, analizó el fenómeno de las noticias falsas (fakenews) y cómo detectarlas y combatir las. El segundo, impartido por la directora y presen-



Arriba, inauguración de la XVIII edición del seminario. Abajo, Juan Luis Arguaga conversa con la periodista Rosa Tristán.

tadora del programa de RNE Aragón "Por Naturaleza", María José Montesinos, versó sobre la creación de podcast. El tercero, impartido por Alfredo Casares, director del Instituto de Periodismo Constructivo, mostró cómo informar en clave positiva.

El 16 de septiembre, el SIPMA se trasladó a El Cabril, donde los participantes, antes de realizar una detallada visita a las instalaciones de almacenamiento del centro, tuvieron ocasión de asistir a un taller, impartido por el fotógrafo, piloto y operador de drones, Diego Lobato.

Enresa y el CSN organizan un Workshop sobre el AGP



Seminario sobre el AGP que reunió a numerosos expertos nacionales e internacionales.

Del 14 al 16 de noviembre se celebró en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid un seminario centrado en el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP) como solución definitiva para la gestión del combustible gastado

y de los residuos radiactivos de alta actividad procedentes de las centrales nucleares españolas.

En este encuentro de trabajo, organizado por Enresa en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), participaron técnicos y direc-

tivos de ambos organismos, así como del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el CIEMAT, universidades, AMAC y miembros de agencias internacionales responsables de la gestión de residuos radiactivos en otros países.

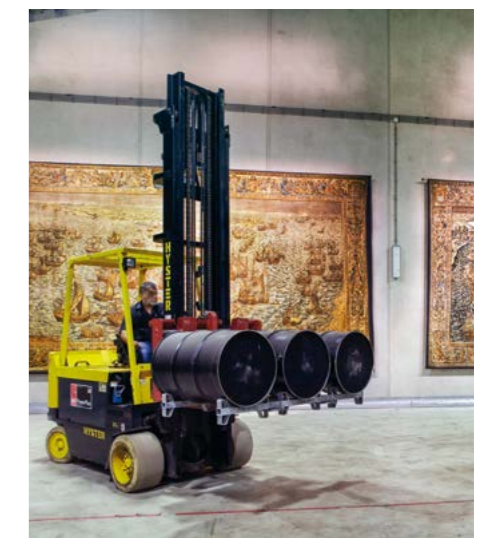
Durante los tres días en los que se desarrolló el evento, se abordaron diferentes aspectos relacionados con esta solución, actualmente muy avanzada en países como Finlandia o Suiza, para la gestión de este tipo de residuos. El workshop, se organizó en torno a ocho sesiones temáticas: inaugural, legislación, programa nacional, I+D, experiencias internacionales, licenciamiento e información y participación pública. Otro punto de análisis durante estas sesiones de trabajo fue el papel de las comisiones consultivas en los procesos de selección de emplazamiento para estas instalaciones geológicas.

Covra expone y custodia obras de arte en su instalación de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad

COVRA, la empresa encargada de retirar, procesar y almacenar todos los residuos radiactivos generados en los Países Bajos, ha puesto a disposición de los museos de Zelanda las instalaciones de su centro de almacenamiento de residuos de baja y media actividad LOG, en Borsele, para acoger en su interior obras de arte, ya que se trata de un edificio protegido y climatizado. De esta manera, durante los próximos cien años, el edificio de almacenamiento funcionará no solo como un depósito de residuos radiactivos, sino también como lugar de custodia de piezas de museos y también

como sala de exhibición de objetos de arte entre los contenedores de residuos radiactivos.

Además, en la instalación se muestra una pieza histórica muy especial: el preparado de radio que Marie Curie llevó hace cien años de París a Holanda para estudiar el efecto de la temperatura sobre la radiactividad. La vinculación de COVRA con el arte se extiende también a su sede social, cuyo vestíbulo está convertido desde 2005 en una sala de exposiciones que se renueva trimestralmente y son de libre acceso al público.



Tapices expuestos en la instalación de almacenamiento de RBMA holandesa.

El MITECO solicita al CSN el informe sobre el 7º Plan General de Residuos Radiactivos



Sede del MITECO en Madrid.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) solicitó el pasado 8 de noviembre al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) el informe sobre el 7º Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) previsto en la Ley sobre energía nuclear. Así mismo, también ha solicitado el informe de las comunidades autónomas en materia de ordenación del territorio y medio ambiente, según informó el MITECO en una nota de prensa.

Esta nueva versión es resultado del análisis y toma en consideración de las alegaciones formuladas en el trámite de información pública y de consultas al que se sometió la versión inicial desde el 12 de abril hasta el 16 de junio, contempla un escenario de referencia que incluye:

- Cese de la operación de las centrales nucleares entre 2027 y 2035, en coherencia con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) y con el Protocolo de cese ordenado de explotación de las centrales nucleares, firmado en marzo de 2019 entre Enresa y sus propietarios.

- Inicio del desmantelamiento de las centrales nucleares a los tres años de su cese de operación definitivo, excepto la de Vandellós I, cuya última fase se ejecutará a partir de 2030.

- Continuidad de las actuaciones para ampliar la capacidad de los Almacenes Temporales Individualizados para el combustible gastado en las centrales nucleares, que permitan su explotación y su desmantelamiento.

- Puesta en marcha de siete Almacenes Temporales Descentralizados en los emplazamientos de las centrales para el combustible gastado y los residuos de alta actividad, hasta su traslado al almacenamiento definitivo, junto con sus respectivas instalaciones complementarias o medidas adicionales para el mantenimiento de los contenedores del combustible gastado.

- Almacenamiento definitivo del combustible gastado y los residuos de alta actividad en un Almacenamiento Geológico Profundo.

- Continuidad de la operación del Centro de Almacenamiento de El Cabril (Córdoba), para residuos de muy baja, baja y media actividad, hasta completar el desmantelamiento de las centrales.

Una vez recibidos los informes, el MITECO elaborará la propuesta final del 7º PGRR, que se remitirá al órgano ambiental para que formule la Declaración Ambiental Estratégica. Finalmente, será aprobado por el Consejo de Ministros y se dará cuenta posteriormente a las Cortes Generales y a la Comisión Europea, en cumplimiento de la Directiva de gestión de residuos radiactivos.

El informe solicitado al CSN sobre la versión revisada del 7º PGRR es independiente de los informes vinculantes, relativos a la seguridad nuclear, la protección radiológica y la protección física, que debe emitir la entidad con carácter previo a las autorizaciones que el MITECO concede para el ejercicio de las actividades de Enresa que se contemplan en el 7º PGRR.

La versión del 7º PGRR puede consultarse en https://energia.gob.es/es-es/Novedades/Documents/7-PGRR_version-revisada.pdf

Eugenio Domínguez Vilches abre el ciclo de “Charlas divulgativas El Cabril”



Eugenio Domínguez Vilches conversando con Rafael Aguilar.

El exrector de la Universidad de Córdoba (UCO) y catedrático de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Eugenio Domínguez Vilches, protagonizó, el pasado día 27 de octubre, la primera charla divulgativa con la que Enresa inaugura un nuevo foro que tiene como objetivo convertir el Centro de Almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril en un escenario desde el que personalidades y expertos de distintas áreas trasladen a la sociedad una reflexión sobre su actividad. Este ciclo de encuentros, denominados “Charlas Chec”, se realiza con la colaboración de los medios de información de Córdoba.

En esta primera charla divulgativa, organizada por Enresa y ABC Córdoba, el profesor Domínguez Vilches reflexionó acompañado de Rafael Aguilar, periodista del citado rotativo, sobre la energía como concepto y los componentes y causas de las crisis energéticas, para lo que se re-

montó a la aparición de las primeras crisis relacionadas con la energía, que fechó mucho antes de la revolución industrial. El nuevo paradigma energético y las fuentes de energía emergentes fueron otros de los puntos que abordó el catedrático de Botánica quien, en su disertación, llamó también la atención sobre el futuro de los suministros de agua que, a su juicio, serán la causa de grandes crisis venideras.

Eugenio Domínguez afirmó que todas las energías tienen sus ventajas y sus inconvenientes, desde la solar hasta la nuclear, tratando de desgranar las causas que provocan unas posiciones tan encontradas sobre esta última fuente de energía.

Cuestionado por el redactor de ABC, Rafael Aguilar, entre otros temas, sobre la realidad de El Cabril, Domínguez Vilches aseguró que “este es un almacén modelo en el mundo”, destacando que los residuos se almacenan en El Cabril “en unas condiciones de seguridad que contemplan escenarios mucho más allá de lo normal”. “Transparencia y didáctica”, es la receta que el exrector dio a Enresa durante su intervención “para que se conozca su actividad y esa relación entre los humanos y la energía mejore”.

La versión completa de estos encuentros divulgativos puede verse en el [canal de YouTube de Enresa](#).

La eléctrica suiza BKW Energie AG visita Enresa

Una delegación de la compañía eléctrica suiza BKW Energie AG visitó, los días 10 y 11 de octubre, diversas instalaciones de Enresa en un viaje que estuvo enmarcado en el acuerdo de colaboración que ambas entidades tienen suscrito. Los representantes de la compañía suiza iniciaron su recorrido en la sede social de la empresa en Madrid, donde se desarrolló una reunión técnica en la que, entre otros temas, se trataron aspectos operativos relacionados con el desmantelamiento de instalaciones nucleares.

Al día siguiente, el equipo técnico de BKW Energie AG se desplazó a Córdoba para conocer el Centro de Almacenamiento de El Cabril, donde, acompañados por técnicos de Enresa, recorrieron la instalación y pudieron recibir una detallada información sobre las tareas de acondicionamiento y almacenamiento que se llevan cabo en la instalación cordobesa.

BKW Energie AG es la propietaria en Suiza de la central nuclear Mühleberg (KKM). Esta central, clausurada en 2019, se encuentra actualmente en proceso de desmantelamiento, con una fecha prevista de finalización: 2034. Debido a la similitud de las condiciones de esta central nuclear con la burgalesa de Santa María de Garoña, tanto por su potencia como su sistema de refrigeración (BWR), Mühleberg está sirviendo de referencia y modelo al equipo técnico de Enresa. El desmantelamiento de Mühleberg es el primero que se realiza en Suiza y su financiación corre a cargo de BKW, como empresa propietaria.

30 aniversario de EL CABRIL

LA HISTORIA DEL FUTURO

Vista de una plataforma de almacenamiento para residuos de media y baja actividad. Al fondo, el área de administración.

El centro de almacenamiento de residuos radiactivos de media, baja y muy baja actividad de El Cabril acaba de celebrar su 30 aniversario de vida operativa. Una conmemoración que se festeja desde la normalidad y la satisfacción de tres décadas de gestión segura. Hoy, El Cabril se sigue valorando como una instalación ejemplar que ha sabido evolucionar y adaptar sus capacidades a las demandas y necesidades que han ido surgiendo. Pero, para ello, fue necesario realizar previamente un profundo trabajo de investigación y análisis de las opciones de gestión y almacenamiento existentes en la época. Gracias a El Cabril, la gestión de los residuos radiactivos en España es una actividad técnica que ha alcanzado la madurez. La instalación constituye, además, un importante foco de empleo y de desarrollo local para su entorno gracias a las políticas de colaboración y responsabilidad social con la comarca que se han impulsado desde sus inicios.



Los primeros transportes a El Cabril accedían a través de una carretera sin asfaltar.



Una de las primeras actuaciones fue la extracción de los residuos de la Mina Beta.



Etiquetado de los bultos para el reacondicionamiento de residuos de la Mina Beta.



Vista de los antiguos módulos de almacenamiento. En primer término, el Edificio Tecnológico de residuos de muy baja actividad.

TEXTO: JORGE FERNÁNDEZ

FOTOS: ENRESA

La gestación de El Cabril, tal y como lo conocemos hoy, se produjo en un ambiente modulado por el argumentario dominante de las organizaciones ecologistas en los ochenta y su profunda premisa antinuclear, alimentada por el desconocimiento, la desconfianza y el temor a lo nuclear. Eran tiempos duros en los que la organización terrorista ETA llegó a asesinar a dos técnicos de plantas nucleares en su afán de parar el programa de instalaciones nucleares que estaba en marcha en España. Enresa nació y comenzó a crecer en este magma social y cultural, pero supo y pudo ir abriéndose camino en la opinión pública con determinación y empeño. De esta manera, se forjó como empresa técnica y ambiental de la mano de El Cabril, cuyas instalaciones se convirtieron en su primer objetivo.

Los primeros años tras la creación de Enresa fueron tiempos de trabajo duro en los que, a la estructura-

ción y puesta a punto de un equipo humano y técnico, se unió la necesidad de un detallado trabajo para ir sentando las bases de la aceptación social de la realidad de la presencia de unos residuos radiactivos que necesitaban ser gestionados y de la existencia de una empresa pública capacitada para ello.

Un poco de historia

Hasta 1984, la gestión de los residuos radiactivos generados en España la llevaba a cabo la desaparecida Junta de Energía Nuclear (JEN), hoy CIEMAT, a través de la División de Combustible Irradiado y Tratamiento de Residuos. Sin embargo, esta gestión no era completa, ya que la JEN sólo se ocupaba de los residuos generados en sus programas de investigación y de los producidos en la aplicación de isótopos radiactivos en Medicina.

La Junta inició el almacenamiento de aquellos primeros residuos en los años sesenta en las instalaciones que tenía en la finca de El Cabril, un terreno de 1.200 hectáreas de superficie en las estribaciones de la Sierra Albarraña cordobesa y con un profundo pasado minero.

Con la creación de Enresa en 1984, la gestión de los residuos radiactivos pasó a ésta, produciéndose entonces la cesión de la finca de El Cabril, con todas las instalaciones que estaban operativas en aquel momento, por parte de la JEN.

Pero la herencia que Enresa recibió no fue cómoda. En el mismo emplazamiento se almacenaban cerca de 700 bidones con residuos radiactivos. La mayoría de ellos depositados en las galerías de la antigua Mina Beta, aunque también los había repartidos en un almacén transitorio, acondicionado en un antiguo taller mecánico del poblado minero de Santa Bárbara, y en un almacén que aprovechaba las instalaciones de una vieja central térmica. Los residuos de los primeros años de la historia de la energía nuclear en España esperaban una gestión segura y con garantías.

Lo primero que hizo Enresa, fue realizar una detallada clasificación de los residuos que había en la instalación y diseñar una estrategia para la recuperación de los almacenados en la vieja mina. Todos los bidones extraídos fueron reacondicionados y depositados en unos módulos que había dejado construidos la JEN. Parale-

lamente, se llevaron a cabo actividades de adecuación como el asfaltado de la carretera de acceso, la mejora de infraestructuras básicas como el abastecimiento de agua y el servicio telefónico, o la remodelación de las oficinas y otras dependencias.

Caracterización de El Cabril

Para la construcción de las instalaciones que hoy conocemos, Enresa llevó a cabo en El Cabril, entre 1986 y 1990, una completa caracterización del emplazamiento con minuciosos estudios geológicos, hidrogeológicos, geoquímicos, sísmológicos y geotécnicos que determinaron el diseño de las características de la instalación y sus condiciones de seguridad y la elección del emplazamiento en que se iba a construir.

Previamente, coincidiendo con los primeros trabajos de mejora en El Cabril, los técnicos de Enresa habían iniciado un periplo internacional con idea de conocer y estudiar *in situ* lo que estaban haciendo en este campo los países con la tecnología más avanzada en aquel momento, como Suecia, Canadá, Francia o el Reino Unido. Después de analizar y valorar las diferentes

estrategias que se empleaban en estos países, Enresa decidió optar por el modelo francés, un sistema sencillo y, sobre todo, muy vigilable y recuperable, ya que los residuos permanecen accesibles en todo momento. Tal y como recordaba en un número de esta misma publicación el entonces jefe del Departamento de Ingeniería de Residuos de Baja y Media Actividad, Pablo Zuloaga, “no queríamos limitarnos a almacenar, sino que buscábamos implicarnos en todo el ciclo de gestión, y eso suponía conocer al detalle la historia de cada bidón y tenerlo perfectamente clasificado y localizado”.

La autorización del Ministerio de Industria para construir las nuevas instalaciones, en el denominado Cerro de Los Morales, llegó en 1989. Las obras se realizaron entre 1990 y 1992, de manera que en poco más de 48 meses, y después de obtener la pertinente autorización ministerial y la emisión del informe favorable por parte del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Enresa ponía en marcha unas instalaciones de gestión y almacenamiento que nos situaban a la vanguardia in-

ternacional en este campo. Además, El Cabril se convertía en el primer proyecto, de carácter industrial, que se sometía en España a una Evaluación de Impacto Ambiental.

El esfuerzo de los técnicos fue productivo, pero el camino no había resultado fácil. Desde su llegada, Enresa realizó un acercamiento a las administraciones autonómica, provincial y locales del entorno. Buscar aliados, crear redes de confianza y, especialmente, mostrar la instalación de la Sierra Albarrana y abrirla a su entorno para vencer resistencias y juicios preconcebidos, fue un compromiso preferente. El Cabril tenía que convertirse en un escaparate, en un modelo de comunicación y de transparencia. Así que, desde aquellos primeros momentos, se produjo un continuo devenir de visitantes de todas las edades y formación académica por la instalación. De esta manera, con ese profundo compromiso con la comunicación se fueron disipando temores y prejuicios. Se entendió la razón de ser; el concepto de almacenamiento seguro; se visualizó que es un residuo y como se gestiona.

Vista aérea de las obras de construcción de las instalaciones.



Interior de una celda de almacenamiento de RBMA. Abajo, vista de una plataforma de almacenamiento



El Cabril hoy

Treinta años después, El Cabril sigue siendo una instalación de referencia, tal y como atestiguan las constantes visitas de delegaciones internacionales que, periódicamente, acuden a conocer la instalación. Sin embargo, aunque sus funciones y objetivos siguen siendo los mismos que hace treinta años, El Cabril ha ido cambiando mucho en este tiempo gracias, por una parte, a los programas de actualización y renovación permanente de equipamientos y tecnologías que le han permitido seguir en la vanguardia; y, por otra, a las actuaciones de control y mejora de sus procedimientos y al estrecho trabajo de Enresa con los más de un millar de productores de residuos a los que les da servicio, lo que se ha traducido en una optimización y reducción del volumen de los residuos.

El Cabril, además, ha sido capaz de dar solución a las nuevas demandas que han ido surgiendo en el camino. Así, los incidentes acaecidos en siderúrgicas andaluzas en los años 90, que generaron una nueva tipología de residuos radiactivos, la denominada de muy baja actividad, condujeron a Enresa a diseñar una solución diferente para la gestión final de estos residuos, de manera que no penalizaran el espacio proyectado para los de baja y media actividad. A este imperativo se dio solución con la puesta en marcha de la denominada instalación complementaria para los residuos de muy baja actividad, un espacio específico que se irá construyendo en función de las necesidades de almacenamiento de estos residuos y los procedentes de los desmantelamientos de las centrales nucleares previstos para los próximos años. En principio están previstas cuatro nuevas celdas -siguiendo la nomenclatura de las de baja y media actividad- estando actualmente operativas las dos primeras.

A día de hoy, según los datos actualizados al mes de octubre de este año, El Cabril almacena un total de 59,098,56 m³ de residuos radiactivos, de los cuales 35.754,97 son residuos de baja y media actividad, y 23.343,59 m³ son residuos de muy baja actividad.

Con estas cifras, el porcentaje de ocupación de las plataformas de almacenamiento de residuos de baja y media actividad alcanza el 81,93%. En cuanto a las celdas de almacenamiento de residuos de muy baja actividad los porcentajes de ocupación de las dos celdas que están en operación se sitúan en el 25,09% de la primera, y en el 24,76% de la segunda. En lo que va de año 2022, la instalación ha recibido 1955,66 m³ de residuos radiactivos, que llegaron en un total de 166 expediciones de transporte.

En este punto, y ante la demanda de espacio de almacenamiento que se producirá en los próximos años con el desmantelamiento previsto del parque



Arriba, obras de construcción de la Celda 29 de la instalación complementaria de RBBA. Abajo, vista aérea de las celdas de residuos de muy baja actividad, el poblado de Santa Bárbara y los antiguos módulos de almacenamiento.

nuclear español, el pasado 24 de junio de 2022 Enresa presentaba la documentación para la solicitud de autorización de construcción de nuevas celdas de almacenamiento para residuos de baja y media actividad.

Desde el inicio de su actividad, en El Cabril siempre ha estado prevista la construcción de nuevas celdas para atender las demandas que fueran surgiendo. Así viene recogido en el vigente 6º Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), aprobado en 2006. La nueva “Plataforma Sureste” se construirá en el Cerro de Los Pavillos, un emplazamiento en la finca muy próximo a los primeros módulos de almacenamiento que funcionaron en la instalación. Con una primera fase de construcción de 12 celdas y otras 15 en actuaciones posteriores, la nueva plataforma permitirá al centro de almacenamiento continuar adecuando sus capacidades a su misión de gestión de los residuos procedentes del desmantelamiento de las centrales nucleares, de los originados en hospitales y de los producidos en laboratorios, centros de investigación e industrias.

Relación con el entorno

Desde su llegada a El Cabril, Enresa apostó por el entorno no solo a la hora de formar su plantilla, sino también para la búsqueda de proveedores que cubrieran las necesidades de la instalación. La empresa entendió como algo determinante la necesidad de implicarse y cooperar con el desarrollo económico y social del entorno. El objetivo era crear un clima de confianza y relaciones corporativas con las poblaciones de la zona para que, lo que en principio se veía como una amenaza, se valorara como una oportunidad. Para ello se fue tejiendo un complejo de estrechas relaciones que se tradujeron en importantes sinergias con ayuntamientos, organizaciones sociales y empresariales, instituciones locales y organismos provinciales y mancomunales. De esta forma, se fueron sentando las bases de la actual responsabilidad social corporativa.

El Cabril se convirtió con el tiempo en un elemento fundamental de la economía de la Sierra Albarrana al constituirse -y así sigue siendo- en una de las empresas que más empleo genera en la zona, con más de 200 puestos de trabajo directos y un centenar de puestos indirectos, que la configuran como un motor determinante en la economía de la Sierra Albarrana. Al hablar de poblaciones del entorno, hay que distinguir, por una parte, los municipios que reciben asignaciones económi-

cas directas reguladas por la Orden Ministerial del Ministerio de Industria y Energía de 13 de julio de 1998, que incluyen Hornachuelos y Fuente Obejuna en Córdoba; y Las Navas de la Concepción y Alanís en Sevilla. Unas poblaciones que, durante estas tres décadas, han recibido unas asignaciones directas que se elevan a más de 62 millones de euros.

En 1990, se creó la Fundación Enresa, una herramienta que dotó a



Taller de fotografía en El Cabril durante un Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente.

la empresa de flexibilidad para canalizar la colaboración a la hora de desarrollar proyectos destinados a mejorar la calidad de vida de esos municipios, pero también de otros del entorno que no estaban incluidos en la Orden Ministerial, como Peñarroya o Azuaga.

Con la desaparición en 2015 de las fundaciones públicas, Enresa buscó nuevas fórmulas de colaboración que se concretaron en la O.M IET/458/2015, de 11 de marzo, que permite la cofinanciación por parte de Enresa de proyectos de desarrollo local que presenten los ayunta-

mientos. De esta manera, en 2021, a los 2.807.827,16€ abonados por Enresa a estas poblaciones por la vía de las asignaciones directas, se añadieron otros 437.245,06€, aportados para la cofinanciación de proyectos de interés local y creadores de empleo. Fruto de estas partidas de desarrollo conjunto hay que destacar los ejemplos del parque multiaventura, el albergue, el barco solar o el proyecto de gamificación del casco histórico, en Hornachuelos; o actuaciones tan importantes como la mejora del camping local o la construcción de la nueva variante de circunvalación en Fuente Obejuna.

Al margen de estas cifras, entre asignaciones, colaboraciones, licencias municipales, proyectos de desarrollo local y adjudicaciones, El Cabril ha aportado a la comarca en los últimos treinta años un montante económico total que roza los 218,82 millones de euros.

Tras tres décadas trabajando sin ningún incidente reseñable, el Centro de Almacenamiento de El Cabril ha demostrado su capacidad y fortaleza. Un trabajo en el que los principales protagonistas han sido, y son, sus trabajadores. Una plantilla profesional, comprometida y capacitada que ha sido capaz de dar solución a los retos que se han presentado en el camino. Un grupo técnico que ha sabido mantener al centro de almacenamiento en las más altas cotas de excelencia y prestigio en el cumplimiento de un servicio público esencial y con la mirada puesta en la protección de las personas y el respeto del medio ambiente.



TEXTO: EMILIO GARCÍA NERI

FOTOS: SKB, DEAN CALMA (OIEA), C.N. ASCÓ, COMISIÓN EUROPEA; DERECK DAWSON (OIEA)

En septiembre de 1997, durante la cuadragésima primera reunión de la Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) se acordó la creación de la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos. España firmó su adhesión a la Convención el 30 de junio de 1998. Cumplidos ya los veinticinco años de existencia, la Convención Conjunta se ha

consolidado como un pilar fundamental para la seguridad de la gestión de la segunda parte del ciclo nuclear, siendo el único instrumento jurídicamente vinculante que aborda a escala mundial la seguridad en la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos. Lo hace estableciendo principios fundamentales de seguridad y creando un proceso de "revisión entre pares" similar al de la Convención sobre Seguridad Nuclear.



Arriba, contenedores de combustible gastado de la central nuclear estadounidense Zion en Illinois. Debajo, carga de un contenedor Hi-Storm en la C.N. de Ascó.



De acuerdo con el artículo 1 de su documento fundacional, la Convención Conjunta tiene como objetivos lograr y mantener un alto grado de seguridad en la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos en todo el mundo mediante la mejora de las medidas nacionales y de la cooperación internacional, incluida cuando proceda, la cooperación técnica relacionada con la seguridad. Con este fin, requiere a los Estados Miembros -que voluntariamente la han ratificado- que hagan un examen de las condiciones y requisitos de seguridad aplicados en sus países y que evalúen sus políticas, programas e instalaciones de gestión de combustible gastado y de residuos radiactivos. Para ello, prevé el establecimiento y mantenimiento de un marco legislativo y reglamentario que regule la seguridad en la gestión de estos materiales.

Otro de los objetivos de la Convención Conjunta es asegurar que en todas las etapas de la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos haya medidas eficaces contra los riesgos radiológicos potenciales a fin de proteger a las personas, a la sociedad y al medio ambiente de los efectos

nocivos de la radiación ionizante, tanto en el presente como en el futuro, de manera que se satisfagan las necesidades y aspiraciones de la generación actual sin comprometer las de las futuras.

Además, para la Convención es prioritaria la prevención de accidentes con consecuencias radiológicas y, en caso de que se produjesen, la mitigación de sus consecuencias durante cualquiera de las etapas de la gestión del combustible gastado o los residuos radiactivos.

Por otra parte, la Convención Conjunta busca promover un alto grado de seguridad en la gestión de estos materiales mediante la realización de un procedimiento de revisión por homólogos cada tres años. En este sentido, cabe destacar que sus actividades se aplican tanto en la seguridad de la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos procedentes de aplicaciones civiles, como a la gestión de materiales de este tipo procedentes de actividades militares o de defensa, siempre y cuando se transfieran de forma permanente a programas exclusivamente civiles y se gestionen en el marco de estos.

Seguridad e información

En la elaboración de la Convención se tuvieron en cuenta las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo -Conferencia de Río 1992-, en la que se reafirmaba la importancia capital de una gestión segura y bien concebida de los residuos radiactivos, y se reconocía la conveniencia de fortalecer el sistema de control internacional aplicable específicamente a los materiales radiactivos, tal y como se menciona en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Residuos Peligrosos y su Eliminación.

De esta manera, la Convención fue aprobada teniendo presente la importancia de garantizar unas prácticas robustas dirigidas a la seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos, con el deseo de fomentar en todo el mundo una cultura de la seguridad nuclear. Por este motivo, se destaca la importancia de la cooperación internacional, como medio para mejorar esta a través de mecanismos bilaterales y multilaterales. En este sentido, se reconoce la impor-

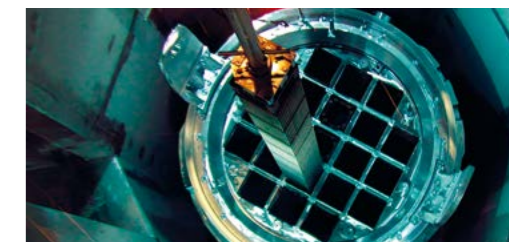
tancia de los principios de seguridad en los que se basan las normas internacionales sobre seguridad radiológica, seguridad nuclear y seguridad del transporte.

Por otra parte, para los Estados Miembros, la necesidad de información al público sobre cuestiones relativas a la seguridad en la gestión de estos materiales se constituye como un elemento fundamental.

Arriba, introducción de un elemento de combustible en un contenedor de almacenamiento en la central nuclear de Trillo (Guadalajara).

En el centro, trabajos de demolición del Edificio Evaporador de la central nuclear José Cabrera.

Abajo, almacén temporal centralizado CLAB combustible nuclear gastado en Oskarshamn (Suecia) © Dean Calma OIEA.





Sesión de apertura de la 7ª Reunión de Revisión de la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos celebrada en la sede del OIEA en Viena, Austria. 27 junio 2022.

Seguridad nuclear global

Desde su adopción en 1997, y su entrada en vigor en 2001, la Convención Conjunta juega un papel fundamental en el mantenimiento y mejora de la seguridad nuclear a escala global. El reconocimiento internacional a la importancia de este instrumento queda manifestado por el hecho de que, entre los primeros treinta estados fundadores sumaban un porcentaje muy significativo del total de instalaciones nucleares en el mundo.

En este grupo de Estados Miembros fundadores, con un claro predominio europeo y, especialmente, de la Unión Europea, estaban Alemania, Argentina, Austria, Bielorrusia, Bélgica, Bulgaria; Canadá, Corea, Croacia, Chequia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Hungría, Irlanda, Letonia, Luxemburgo, Ma-

ruecos, Noruega, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rumania, Suecia, Suiza y Ucrania.

A este grupo no tardaron en adherirse otros como Estados Unidos, Japón, Federación Rusa y China. Actualmente, se han adherido a la Convención la práctica totalidad de Estados con instalaciones nucleares en el mundo, a excepción de India y Pakistán.

Proceso de revisión

Para alcanzar sus objetivos, la Convención Conjunta adoptó un procedimiento de revisión en virtud del cual cada Parte Contratante, en intervalos que no excedan los tres años, debe presentar por anticipado un informe nacional en el que se describa cómo cumple las obligaciones de la Convención Conjunta. Además, deben solicitar de las demás Partes Contratantes aclaracio-

nes sobre sus informes nacionales mediante un sistema de preguntas y respuestas por escrito. Finalmente, cada Estado Miembro debe presentar su informe nacional, soportado por una presentación ante el grupo de países correspondiente, y debatirlo durante una reunión de revisión estructurada en sesiones de grupos de países y sesiones plenas.

Desde su creación en 1997, se han realizado siete reuniones de Revisión de las Partes Contratantes, la última en junio de este año. Estos encuentros se llevan a cabo con un doble objetivo, en el ámbito global identificar las "cuestiones de interés general" para, mediante su tratamiento, contribuir a la mejora de la seguridad nuclear global; y en el ámbito de cada uno de los estados participantes, identificar y reconocer los elementos fundamentales de sus programas nacionales para el impulso de estos.

Séptima REUNIÓN DE REVISIÓN

La Séptima Reunión de Revisión se celebró en Viena del 27 de junio a 8 de julio de 2022 y contó con la participación de las delegaciones de 76 de las 88 Partes Contratantes.

tas no se llevan a cabo de manera uniforme en todos los grupos de países, por ello, las Partes Contratantes determinaron la necesidad de seguir examinando esta cuestión.

88 actuales, con la reciente incorporación de Malawi. Un incremento que se valora como un paso alentador hacia la universalización de la Convención Conjunta.

El proceso de revisión establecido por la Convención Conjunta es un instrumento esencial para determinar los avances logrados y los desafíos pendientes. La Séptima Reunión de Revisión mostró que la comunidad internacional dedicada a la seguridad en estos ámbitos sigue trabajando para mejorar la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos y del combustible gastado.

Así, en este encuentro se determinó un número considerable de buenas prácticas, áreas de buenos resultados, igualmente se identificaron desafíos y sugerencias. En este punto, y con respecto a la aplicación de las buenas prácticas, los participantes manifestaron la impresión general de que es-

“Las misiones internacionales de revisión por parte de homólogos se consideran un procedimiento eficaz para reforzar el marco y la infraestructura nacionales de seguridad nuclear y radiológica”

Desde la anterior Reunión de Revisión, celebrada en mayo de 2018, el número de estados adheridos a la Convención Conjunta se ha incrementado de 78 a los

Sin embargo, aún quedan Estados Miembros del OIEA que todavía no son Partes Contratantes en la Convención Conjunta, entre ellos hay algunos que sí están integrados en la Convención sobre Seguridad Nuclear y otros que han hecho público su apoyo al Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas y sus Directrices.

En esta Reunión de Revisión, en la que los debates constructivos y el intercambio de conocimientos se desarrollaron de forma franca y abierta, se señaló la necesidad de que las Partes Contratantes y el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA), que actúa como



Edificio Berlaymont, sede de la Comisión Europea en Bruselas.

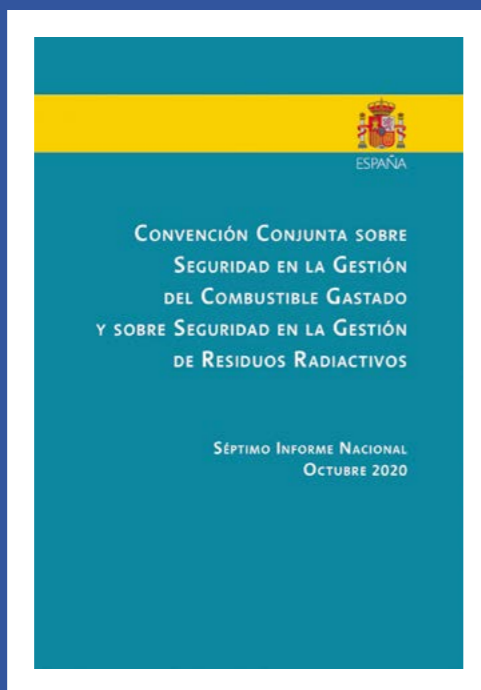
depositario y secretaría de la Convención, redoblen los esfuerzos para alentar a los Estados que aún no se han integrado en la Convención Conjunta se adhieran a ella.

Por otra parte, se destacaron los satisfactorios progresos que se estaban consiguiendo en muchos ámbitos ligados a la seguridad en la gestión del combustible gastado y la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos. Con la aplicación de medidas encaminadas a mejorar la seguridad a menudo se detectan nuevos desafíos, y, en este punto, la Convención Conjunta está generando cada vez más conciencia sobre estos, ofreciéndose como un foro de intercambio de conocimientos y experiencias para resolverlos.

En este encuentro se reconoció la importancia del proceso de revisión por homólogos de la Convención Conjunta, ya que un procedimiento de revisión sólido requiere de la participación plena y activa de todas las Partes Contratantes. En este punto se señaló la necesidad de examinar y alentar medidas para incrementar aún más la participación activa.

La Séptima Reunión de Revisión hizo un repaso del amplio número de misiones internacionales de revisión por homólogos realizadas. Estas se consideran un procedimiento

eficaz para reforzar el marco y las infraestructuras nacionales de seguridad nuclear y radiológica. Las Partes Contratantes reconocieron la importancia de acoger esas misiones de manera periódica y algunas Partes Contratantes alentaron a que se dieran a conocer públicamente los resultados de esas misiones.



Las Partes Contratantes acordaron que los Informes Nacionales para la siguiente Reunión de Revisión deberían abordar, según proceda, las siguientes cuestiones:

I. Competencia y dotación de personal en relación con el calendario de los programas de gestión del combustible gastado y gestión de los residuos radiactivos.

II. Participación pública inclusiva en la gestión de residuos radiactivos y en los programas de gestión del combustible gastado.

III. Gestión del envejecimiento de las unidades de almacenamiento e instalaciones para los residuos radiactivos y el combustible gastado, teniendo en cuenta los períodos prolongados de almacenamiento.

IV. Gestión a largo plazo de las fuentes selladas en desuso, incluidas opciones sostenibles para soluciones regionales y multinacionales.

Por último, los participantes convinieron en celebrar la Octava Reunión de Revisión de las Partes Contratantes en la Sede del OIEA en Viena del 17 de al 28 de marzo de 2025.

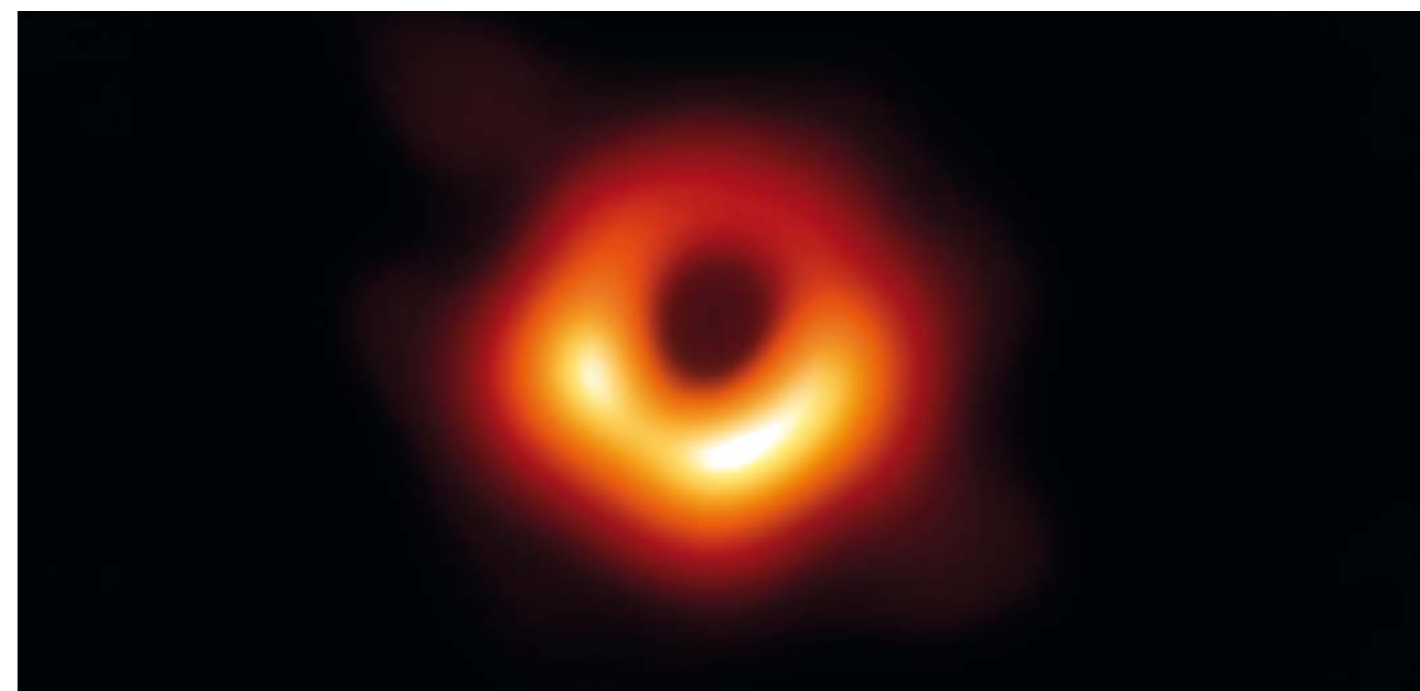
Estas reuniones de revisión ofrecen la oportunidad de comparar y debatir los retos que se plantean al dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en la Convención Conjunta. En ellas se llevan a cabo intercambios constructivos y se comparten conocimientos de manera franca y abierta. Cada reunión de revisión contribuye a alcanzar y mantener un alto grado de seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos.

Ese oscuro objeto de DESEEO

Fotografiado por primera vez el agujero negro *Sagitario A*, situado en el centro de nuestra galaxia.

TEXTO: IGNACIO FERNÁNDEZ BAYO, PERIODISTA DE CIENCIA

Durante decenios muchos quisieron echarle el guante, pero es esquivo por naturaleza. Se trata de *Sagitario A*, el agujero negro que gobierna nuestra Vía Láctea. Ese oscuro objeto del centro de la galaxia ha sido finalmente retratado por contraste con su entorno, una gigantesca rosquilla de materia brillante, que emite intensa radiación por la trepidante aceleración que le imprime el enorme campo gravitatorio del agujero negro. Es el fruto de un intenso y largo trabajo en el que han participado grupos de astrónomos de todo el mundo, incluido uno del Instituto de Astrofísica de Andalucía.





“Es como componer una sinfonía de la que solo tienes notas sueltas y debes reorganizarlas para obtener la melodía completa”. José Luis Gómez, astrofísico y miembro del Consejo Científico del Event Horizon Telescope EHT, explica con esta metáfora el proceso que ha permitido obtener la deslumbrante imagen del agujero negro situado en el centro de nuestra galaxia, denominado *Sagitario A*, que fue dada a conocer mediante una conferencia de prensa mundial el pasado 12 de mayo. Y es que la fotografía no es una imagen captada directamente sino la combinación de una gigantesca cantidad de datos obtenidos en las observaciones realizadas por los ocho radiotelescopios que han participado en el proyecto y que están distribuidos por todo el planeta. “En cada uno de los telescopios grabamos a una velocidad de 64 gigabytes de datos por segundo, y en total hemos grabado 5 petabytes (5.000 billones de bytes) de datos en las observacio-

nes”, explica Gómez, que dirige el grupo del Instituto de Astrofísica de Andalucía que participa en el proyecto. Toda esa información se trata en un superordenador que va construyendo la imagen y rellenando los huecos que las observaciones no han conseguido aclarar.

La clave del éxito es la participación de los grupos que forman parte de la denominada Colaboración Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT por sus siglas en inglés), que está formada por 300 científicos, de 80 centros de todo el mundo. Este grupo utiliza ocho radiotelescopios repartidos por el globo que trabajan mediante interferometría; es decir, las observaciones las realizan cada vez y al mismo tiempo dos o más observatorios, lo que permite simular un telescopio de tamaño casi planetario. Están situados en Hawái (JCMT y SMA), Arizona (SMT), México (LMT), Chile (ALMA y APEX), España (IRAM 30-M) y el Polo Sur (SPT). “Esas parejas

de datos de cada observación nos proporcionan como una nota de la sinfonía completa”, dice José Luis Gómez.

Sagitario A tiene una masa equivalente a unos cuatro millones de soles, y se encuentra a una distancia de unos 27.000 años-luz; es decir, lo que vemos son los fotones emitidos, más o menos, cuando nuestros antepasados cántabros andaban pintando en las paredes de su casa en Altamira. La rosquilla fotografiada tiene unos 63 millones de kilómetros de diámetro y el propio agujero negro, medido desde el horizonte de sucesos (el límite en el que la materia cae engullida sin retorno posible y ya no puede ser observada) es de 24 millones de kilómetros. Aunque todo ese material estelar brillante que gira alrededor del agujero emite radiación en todo el espectro electromagnético, con ese tamaño y a esa distancia, apenas es un punto para todos los telescopios que escudriñan el cielo, excepto para el EHT. Según Gómez, “este es el único instrumento de que dispone la humanidad en la actualidad con la resolución angular necesaria para fotografiar agujeros negros”.

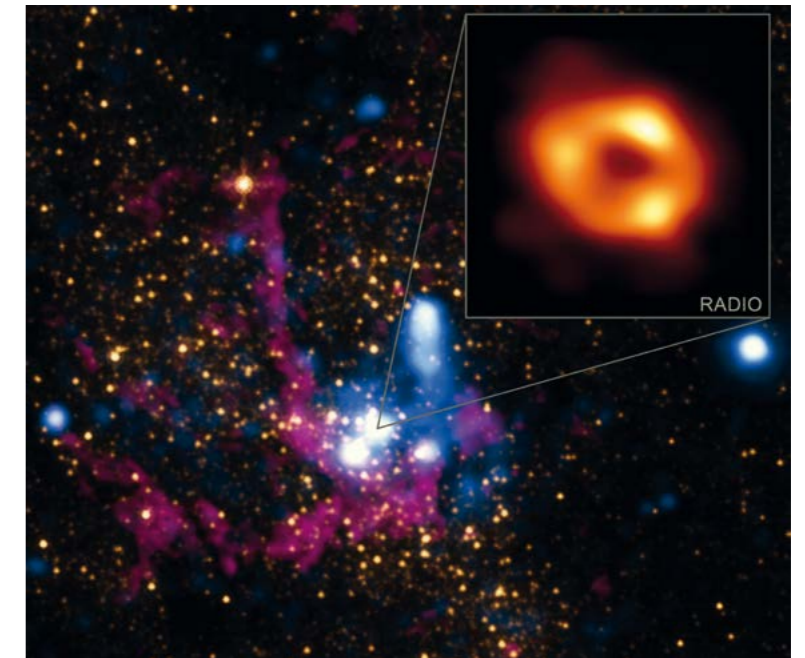
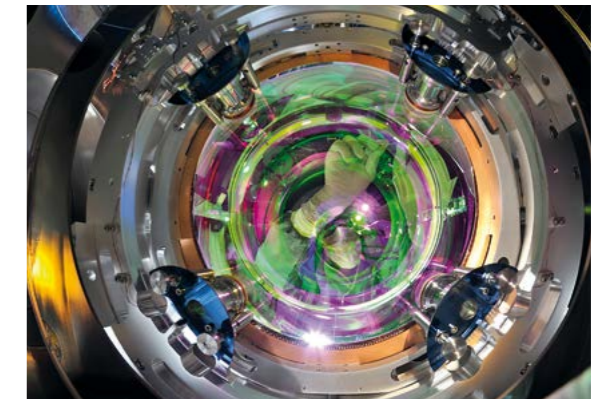
Pero el de nuestra galaxia no ha sido el primer agujero negro fotografiado. El mismo equipo del EHT dio a conocer en 2019 la del agujero negro del centro de la galaxia Messier 87. Puede parecer extraño que teniendo tan cerca el agujero de la Vía Láctea los científicos decidieran dirigir primero su mirada a una galaxia que se encuentra a 53,5 millones de años-luz, unas 2.000 veces más lejos. La explicación es que también su tamaño es mucho más grande y masivo: 6.500 millones de masas solares, lo que facilita su detección y estudio. Ambas imágenes muestran grandes similitudes; lo

cual, según dijo en la presentación Sera Markoff, de la Universidad de Ámsterdam y copresidente del Consejo Científico del EHT, significa que la teoría de la relatividad general de Einstein funciona y gobierna la actividad de ambos agujeros de manera coherente.

En la página anterior, el Observatorio IRAM Pico Veleta o IRAM 30m es un radiotelescopio situado en la loma de Dilar en Sierra Nevada a 2850 msnm.

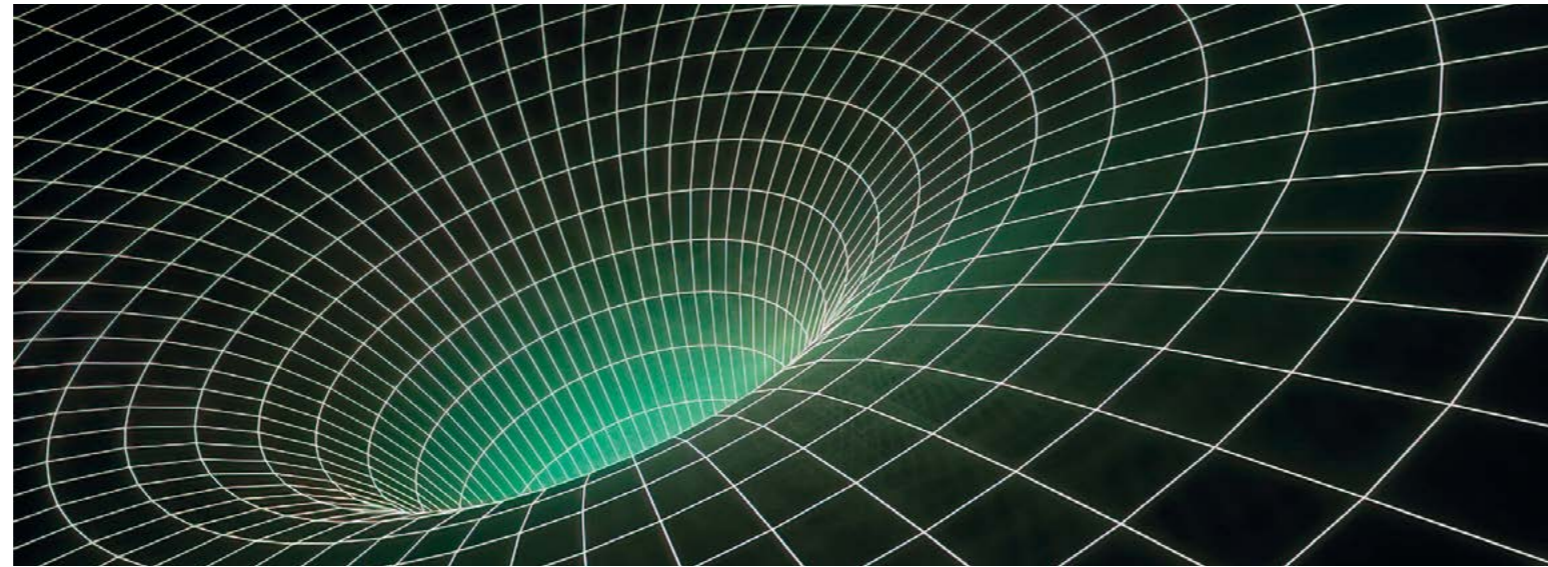
José Luis Gómez dirige el grupo del Instituto de Astrofísica de Andalucía que participa en el proyecto que ha conseguido la primera imagen de *Sagitario A*, el agujero negro situado en el centro de nuestra galaxia.

Los detectores de ondas gravitacionales de LIGO (EEUU) y Virgo (Italia), trabajan conjuntamente. A izquierda, vista del interior del detector italiano Virgo.



De la ficción a la realidad

Los agujeros negros se cuentan entre los motivos más utilizados por la ciencia ficción de las últimas décadas. Invisibles en cualquier rango del espectro electromagnético, son vistos como monstruos cuya voracidad gravitatoria engulle toda la materia que se aproxima a ellos, incluidas estrellas y sistemas planetarios, que una vez arrastrados a su interior desaparecen de la vista. Las cosas son menos truculentas en la realidad. La materia que los circunda gira alrededor de manera acelerada, pero no cae rápidamente en el agujero, sino que permanece orbitándolo durante largo tiempo. Es esta materia, que emite intensa radiación en todas las frecuencias del espectro, la que nos permite detectar su presencia: el ojo de esa rosquilla es el agujero negro.



Parece haber consenso entre los científicos en que en el centro de todas las galaxias se encuentra un agujero negro supermasivo y de hecho ya se han detectado muchos de ellos, aunque solo se haya conseguido la imagen de dos. Según Juan García-Bellido, cosmólogo del Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM) de Madrid, "tenemos dudas en el caso de algunas galaxias, pero pensamos que si no lo tienen es porque han sufrido una colisión con otra galaxia en algún momento y lo han perdido". Asegura que se han descubierto incluso en galaxias enanas, donde no habría dado tiempo a que se formaran a partir de la concentración de estrellas. Y la duda que surge a continuación es ¿qué fue antes, el agujero negro o la galaxia? En su opinión, probablemente el agujero negro, convertido en centro de atracción gravitatoria que forma un disco de acreción, en un proceso semejante al de la formación del sistema solar.

Lo que cada vez está más claro es que los agujeros negros, cuya existencia suscitó durante mucho tiempo serias dudas, se consideran hoy actores esenciales en la evolución de las galaxias y, en consecuencia, del propio

Universo. "Se ha observado una correlación muy clara entre la masa del agujero negro central y la velocidad de dispersión de las estrellas de la galaxia", dice al respecto José Luis Gómez.

Pero no todos los agujeros negros son supermasivos ni viven en el centro galáctico. Agujeros negros de unas pocas masas solares vagan por la Vía Láctea o forman parte de sistemas binarios (formados por dos estrellas que giran una alrededor de la otra). Son miles, quizás millones, solo en nuestra Vía Láctea. Es el resultado final de la evolución de aquellas estrellas que tienen cuatro o más masas solares y que colapsan cuando agotan su combustible nuclear. Los agujeros negros que forman parte de un sistema estelar binario se detectan por la influencia gravitatoria que ejercen sobre la otra estrella. Los otros son fantasmas que se desplazan a grandes velocidades, girando en torno al centro galáctico. No tienen materia orbitando a su alrededor que los delate, pero se han podido detectar, explica García-Bellido, "por el efecto de lente gravitacional que producen y, a veces, por su influencia sobre estrellas próximas".

Juan García-Bellido cosmólogo del Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM) de Madrid



Si son tantos y tan difíciles de detectar, cabe pensar en la posibilidad de que uno de estos agujeros negros se cruce en el camino del sistema solar, con inquietantes consecuencias para nuestro planeta y sus habitantes. "La probabilidad es muy remota, el volumen que ocupa el sistema solar es minúsculo y como mucho podría pasar a varios parsecs de distancia (un parsec es una medida astronómica que equivale a más de 3 años-luz)" dice García-Bellido.

Una nueva física

Lo que sigue sin saberse muy claramente es qué normas rigen más allá del horizonte de sucesos. Lo que más o menos es conocido por buena parte del público general es que un agujero negro es una concentración de materia de tal magnitud que su campo gravitatorio no permite que nada, ni siquiera la luz, pueda evadirse. Esa masa se concentra en un espacio muy pequeño y denso. Tan denso que una cucharadita de ella pesa varias toneladas. Pero el tamaño del agujero negro es mucho mayor que la región que concentra su masa. Su límite es el horizonte de sucesos, la frontera tras la cual cualquier objeto que la traspase cae irremediablemente y pierde su conexión con el resto del universo.

"Sabemos lo que ocurre cuando traspasas el horizonte de sucesos -dice José Luis Gómez- porque aún

rige la relatividad, pero hay un punto, en el centro del agujero negro, donde la curvatura del espacio-tiempo se hace infinita y ahí las leyes de la física ya no funcionan. Por eso lo llamamos una singularidad". El nombre mismo ya indica que se trata de algo diferente, desconocido, y extremadamente difícil de estudiar. Desde la física teórica hay algunos intentos de aproximarse a su conocimiento con teorías más o menos audaces y coherentes matemáticamente pero difícilmente validadas por la observación o experimentalmente, como la teoría de supercuerdas. De esta o de cualquier otra alternativa capaz de integrar las dos grandes visiones de la física del siglo XX: la cuántica, que explica el comportamiento del mundo subatómico, y la relatividad, que hace lo propio con la gravedad y el devenir cósmico, deberá llegar la explicación de la naturaleza de las singularidades.

La dificultad de traspasar visualmente el horizonte de sucesos no impide que se siga investigando estos peculiares astros. Si las radiofrecuencias nos permiten ver

"VAMOS A DESCUBRIR MUCHAS COSAS INTERESANTES SOBRE LA NATURALEZA DE LOS AGUJEROS NEGROS EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS"

y fotografiar la materia que rodea el agujero negro, una recién estrenada vía astrofísica, la de las ondas gravitacionales, nos permite estudiar cataclismos cósmicos como el choque entre agujeros negros y conocer así su comportamiento. "Los detectores LIGO-Virgo nos acercan

a la fusión de agujeros negros, que provoca la emisión de ondas gravitacionales. Ahí estamos en contacto con la superficie del agujero negro y si algo podemos conocer de la naturaleza del espacio-tiempo de la singularidad vendrá por esta vía", dice García-Bellido, que participa en esta investigación. Desde la primera detección de estas ondas, en septiembre de 2015, se han detectado ya muchas más. "Vamos a descubrir muchas cosas interesantes sobre la naturaleza de los agujeros negros en las próximas décadas. Con las ondas gravitacionales estamos abriendo una ventana a nuevos fenómenos". Y entre esos objetivos está otro tipo de agujeros negros cuyo origen se remonta a los primeros tiempos del Universo, los llamados primordiales, cuya masa es inferior a una masa solar, incluso una décima parte.

Por su parte, los integrantes del EHT prosiguen su estudio de *Sagitario A*. La participación del grupo español es, según José Luis Gómez, muy relevante: "Participamos en todos los análisis de la información y en particular en la obtención de la imagen. Hemos liderado una de las cuatro técnicas de resolución y contribuido de manera sustancial a otra y algo menos en una tercera. Básicamente, las imágenes del centro galáctico se han cocido aquí". Su próximo objetivo es pasar de la imagen estática a la dinámica, componer un vídeo que permita apreciar cómo se mueve la materia acelerada que rodea el agujero negro. "Seguimos realizando observaciones y su calidad va mejorando porque incorporamos nuevas antenas. Saldrán imágenes más nítidas y queremos hacer una película para ver cómo ese material cae en el agujero".



YOLANDA BENITO

... DIRECTORA GENERAL DEL CIEMAT ...

“El CIEMAT tiene grupos de investigación de primer nivel que queremos potenciar para adaptarnos a la situación energética del futuro”

TEXTO: TERESA PALACIO FOTOS: J.F. NARCEA

Sus primeros meses al frente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) han sido, como ella los define, “intensos”. Su conocimiento del centro y su experiencia previa le hacen consciente de sus posibilidades y problemas. Tiene un objetivo claro: dar respuestas a la sociedad desde la Ciencia y para ello cuenta con una nueva ley que ha permitido importantes mejoras, pero que necesitan de un esfuerzo continuo para seguir siendo ese centro de referencia. Yolanda Benito, directora general del CIEMAT, repasa para Estratos los retos y realidades, su papel en la transición energética, su posición en el panorama científico español y hasta su relación con Enresa.

¿Cómo han sido los primeros meses al frente de esta institución?

Llevo desde finales de mayo y la palabra para definirlo es "intensa". Yo conocía la institución desde un departamento concreto, pero el CIEMAT es mucho más. Es la suma de muchos departamentos con una amplia diversidad de actividades científico-técnicas, con su problemática, su gestión...etcétera.

Anteriormente trabajaba en el departamento de Medio Ambiente ¿Le ha hecho más fácil este nuevo reto su experiencia en el centro?

No sé si es más fácil. Al venir de la "casa" sí que es verdad que tengo una parte ganada, ya que, a nivel personal, tengo conocimiento de las personas, de las áreas... desde luego ese conocimiento -también de sus problemas- me hacen tener una responsabilidad mayor en cuanto a mi intención e interés en que el CIEMAT sea un centro puntero y que funcione lo mejor posible.

¿Y qué objetivos, qué retos se ha marcado para esta etapa?

Mi objetivo fundamental es seguir siendo un centro de referencia en las áreas en las que el CIEMAT ha trabajado siempre- en Energía, en Medio Ambiente y en Tecnología- pero adaptarlo totalmente a los retos de la sociedad: tener nuestras actividades dirigidas a cuál es la problemática del mundo y de la sociedad en estos momentos y para el futuro. Para ello, hay que dotar al CIEMAT de unas estructuras sólidas que sean capaces de dar respuesta en tiempos razonables y que se gestionen de una manera rápida y ágil.

En realidad, esa cercanía ya se produce, el CIEMAT tiene numerosos ejemplos de desarrollos que han servido en distintos ámbitos de la sociedad...

El CIEMAT ha hecho mucha transferencia de tecnología a determinadas empresas españolas que les ha permitido posicionarse en el mercado europeo con prototipos y diseños que surgieron aquí. Por ejemplo, en tecnologías de fisión, aceleradores de partículas. También en los desarrollos de energías renovables (eólica, solar de concentración)... Tecnológicamente, España ha aportado muchísimo a soluciones que están en el mercado y que aprovechamos toda la sociedad. Por otro lado, en el ámbito de la investigación biomédica, tenemos una serie de terapias que están dando solución a enfermedades raras que no tenían tratamientos y en Medio Ambiente hemos trabajado en temas de calidad del aire que claramente inciden sobre cómo vivimos en las ciudades, el aire que respiramos, nuestra salud...



¿Y qué papel juega la divulgación en la transmisión de este importante papel que desempeña el CIEMAT para la sociedad?

Para mí tiene una importancia total. Es una de las cosas que quiero mejorar: la comunicación y la divulgación. Si lo que hacemos no cala en la sociedad es muy difícil que luego nadie pueda defender la ciencia en ningún foro o en ningún ámbito. La ciencia es vital para todo lo que hacemos, por lo tanto, comunicar bien lo que hacemos... llegar a quiénes tenemos que llegar, explicarlo de una manera atractiva es fundamental para atraer a los jóvenes.

¿Qué les diría a los jóvenes que están pensando estudiar una carrera de ciencias?

Que despierten la curiosidad. La ciencia es una curiosidad bien encaminada. Necesitamos a gente curiosa y con ganas de complicarse la vida en el sentido de preguntarse cosas. Todo lo que tenemos alrededor es gracias a la ciencia. Nuestra forma de vida es gracias a

Instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) en Madrid.



desarrollos tecnológicos en todos los ámbitos... Necesitamos ese recambio de gente joven para los retos a los que nos vamos a enfrentar. Los animaría porque la ciencia es un lugar muy atractivo donde desarrollar su carrera profesional y espero que, entre todos, seamos capaces de mejorar las condiciones laborales.

¿Cómo es el CIEMAT? ¿Cómo se estructura?

El CIEMAT tiene una parte de organización con la secretaría general y también hay diferentes departamentos científico-técnicos, cada uno de ellos con sus actividades concretas encaminadas a nuestros objetivos de respuesta a la sociedad: Laboratorio Nacional de Fusión (LNF), los laboratorios de energías renovables, tecnología de fisión, investigaciones biomédicas, el de partículas y astropartículas y el de infraestructuras científico técnicas y medio ambiente.

En el CIEMAT trabajan 1.400 trabajadores, en todos los centros que tiene que, además del de Moncloa, está la Plataforma Solar de Almería (PSA), el CEDER (Centro de Desarrollo de Energías Renovables), el CISOT (Centro de Investigaciones Socio-Técnicas), el CETA (Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas) y el CIEDA (Centro de Investigación en Derecho Ambiental).

¿Qué papel desempeña el CIEMAT en el sistema español de Ciencia y Tecnología?

Desempeña un papel muy específico en el sistema de

Ciencia y Tecnología porque en toda la cadena de valor ocupamos una posición muy cercana al mercado y a los desarrollos tecnológicos. Es algo que siempre nos ha diferenciado: somos un centro de investigación, pero también tecnológico y eso es algo que tenemos que reivindicar.

La puesta en el mercado y el escalado de nuestros prototipos corresponde a la empresa, y genera un valor muy importante.

¿Qué ha aportado la reforma de la Ley de la Ciencia al CIEMAT?

La reforma era necesaria porque aborda muchos de los problemas que hacen que la Ciencia en España no tenga el papel y el desarrollo que debería tener. En el CIEMAT, como en otras instituciones, ahora disponemos de más recursos para investigar y, por primera vez hay una carrera que reconoce a los tecnólogos como parte del sistema de ciencia y tecnología; las nuevas contrataciones son indefinidas y la flexibilidad y adaptación de toda la normativa de gestión y financiación de los proyectos... todo incidirá en nuestra actividad investigadora. Estoy convencida que va a impulsar la investigación en España.

Un papel clave en la transición energética

Vivimos unos tiempos en los que la energía ha cobrado un papel protagonista ¿Qué papel juega el CIEMAT en la transición energética que afronta España?

Nosotros formamos parte del equipo que asesoró al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en la elaboración del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima y además formamos una parte importantísima en los desarrollos tecnológicos que son necesarios para poder cumplir con los objetivos del plan: tecnologías fundamentalmente de renovables, de almacenamiento energético, de eficiencia energética, ligadas al hidrógeno... El CIEMAT tiene



“Enresa es una empresa absolutamente necesaria y que, a día de hoy, tiene un modelo muy atractivo y unas instalaciones, procedimientos y equipo encomiables”

ENRESA, UNA EMPRESA NECESARIA

Enresa y CIEMAT han estado unidos desde la creación de esta empresa ¿Cómo valora su trayectoria y sus instalaciones?

Ser directora general del CIEMAT me ha hecho acercarme muchísimo a Enresa y conocerla mejor. Mi opinión es muy positiva. Todo el personal de Enresa debe estar orgulloso del trabajo que hace. Tiene un equipo humano estupendo y desempeña un servicio para la sociedad, con el almacenamiento de unos residuos que no sólo se producen en centrales nucleares sino también en industrias, en instalaciones médicas... Es además una empresa con un reto muy importante como es el desmantelamiento de las centrales nucleares.

Enresa es una empresa absolutamente necesaria y que, a día de hoy, tiene un modelo muy atractivo y unas instalaciones, procedimientos y equipo encomiables.

Enresa y el CIEMAT tienen una larga tradición de proyectos de investigación conjuntos ¿En qué líneas se trabaja en la actualidad?

Trabajamos fundamentalmente en dos ámbitos: en todo lo que tiene que ver con el combustible gastado, la seguridad de las centrales nucleares y los almacenamientos de residuos radiactivos (temporal, geológico profundo); y, por otro lado, en temas relacionados con la protección radiológica del público y el medio ambiente. Nuestra colaboración con Enresa es una parte muy importante de las actividades de investigación en el ámbito nuclear de CIEMAT.

Enresa también ha trabajado en el Plan Integradado para la Mejora de las Instalaciones del CIEMAT (PIMIC). ¿En qué punto se encuentra?

La parte de PIMIC desmantelamiento ya está prácticamente terminada, lo que queda es la parte de rehabilitación. Con la buena relación que tenemos en la actualidad, estamos firmando un nuevo convenio para seguir avanzando en el proyecto de rehabilitación con la intención de terminarlo cuanto antes.

grupos de investigación de primer nivel que queremos lanzar y potenciar para adaptarnos a la situación energética que tendremos en los próximos años.

¿Cómo ve el mix energético del futuro?, ¿lograremos ver la aplicación comercial de la energía nuclear de fusión?

Yo creo que sí. Es un ámbito de energía limpia, que tiene los plazos que tiene, porque conlleva unos desarrollos tecnológicos y unos desafíos importantes. Se están dando pasos en la buena dirección para que en un futuro, no se precísar cuándo, contemos con la fusión como una forma de producción de energía y el CIEMAT está claramente posicionado con el Laboratorio Nacional de Fusión y con su intensa participación en el proyecto IFMIF-DONES que se va a desarrollar en Granada.

¿Qué participación tiene el CIEMAT en esta nueva infraestructura?

El DONES nació aquí. El CIEMAT le ha dado todo el soporte científico y tecnológico desde sus inicios y participamos de la forma más activa posible. Los investigadores están perfectamente coordinados con los del laboratorio nacional de fusión y en un futuro, cuando la instalación esté operativa, nos permitirá dar pasos importantes en todos los aspectos tecnológicos que sean de interés para los campos en los que llevamos muchos años trabajando.



BALNEARIO HERVIDERO DE COFRENTES

TOMAR LAS AGUAS EN EL SIGLO XXI

TEXTO Y FOTOS: ANTONIO RODRÍGUEZ CALÓN

A finales del siglo XIX, en un paraje próximo a Cofrentes (Valencia), la presencia de pequeños animales muertos en torno a una surgencia de agua subterránea, conocida como el Charco de la Muerte, hizo que se encargara a un boticario de la zona el análisis de aquel manantial que se pensaba que podía ser de aguas venenosas. Los resultados mostraron que se trataba de aguas mineromedicinales. Con su declaración, en 1902, como aguas de utilidad pública, abrió sus puertas

el Balneario Hervideros de Cofrentes. Más de un siglo después, el balneario es el único en España dirigido y gestionado por médicos y el único hotel en nuestro país que ofrece más de 70 edificios de alojamiento diferentes. Enresa, a través de los proyectos de cofinanciación con municipios de zonas nucleares, colabora con el ayuntamiento cofrentino, propietario de la instalación, en las actividades de mejora de este complejo de salud, uno de los mejores de España.



Los balnearios han sido durante muchos años el escenario de una forma de entender la vida. Herederos de las termas romanas o de los baños árabes y judíos, estos establecimientos fueron evolucionando a lo largo de la historia, con la aparición de centros especializados y regulaciones específicas para el sector. Concretamente, el primer Reglamento de Aguas y Baños Minerales data de 1816, durante el reinado de Fernando VII. A él siguieron otros que regularon la intervención de los médicos en estas instalaciones, otorgándoles la competencia y autoridad en los asuntos concernientes a la salud. Hoy, viven un nuevo florecer, una vez recuperados del impacto que supuso el trasvase del turismo a las playas en el último tercio del pasado siglo.



El Balneario de Hervideros es el primer balneario en España en recibir el certificado de calidad ISO-9002 por sus buenas instalaciones, gestión eficaz y la calidad de sus aguas.

Balneario de Hervideros

El Balneario de Hervideros está situado en el término municipal de Cofrentes, cerca de la confluencia de los ríos Júcar y Cabriel, en el valenciano Valle de Ayora. Se trata de un complejo termal que ocupa una extensión de más de 2.000.000 m² en pleno bosque de pinos y es el único hotel de España en el que los clientes se puede alojar en más de 70 edificios diferentes.

El núcleo original del complejo lo conforma el antiguo Gran Hotel, una construcción de tres plantas, de aires modernistas visibles en sus balcones y balaustradas, que se prolongan hasta el interior en la sala de ocio -antiguo casino-, el comedor principal y el Salón de Columnas -una amplia sala de esbeltas columnas iluminada por lámparas de bronce de estilo neoclásico-. Bajo la planta inferior de este edificio discurre uno de los manantiales minero-medicinales que proveen de aguas a los distintos puntos de baños y de tratamientos de salud.

El Hotel-Balneario cuenta también con 65 chalets, o casitas unifamiliares, independientes y con distintas capacidades de alojamiento, repartidas por el complejo. Su oferta de ocio incluye además un restaurante, cafetería, amplios salones de lectura, pistas de tenis, un pequeño campo de golf y diversas piscinas en el verano. A esto se le une la disponibilidad de tiendas, peluquería, supermercado y una iglesia.

El Balneario de Cofrentes es propiedad del municipio, pero su explotación corre a cargo de la sociedad "Hervideros de Cofrentes S.A.". Su equipo de dirección y gestión está integrado, desde hace treinta años, solo y exclusivamente por profesionales de diversas especialidades médicas, al frente de los cuales está el doctor Miguel Ángel Fernández Toran, un especialista en hidrogeología médica que vive con pasión y entrega su gestión del balneario desde que se hizo cargo de su explotación en 1988, tras ganar un con-

curso público en el que fue el único licitador.

Actualmente, esta estación termal es una de las más importantes de España y da servicio tanto a clientes de termalismo social, como a particulares que necesiten tratamientos del aparato digestivo, reumático, respiratorio, circulatorio, nervioso o que simplemente quieren descansar. Para Fernández Toran, buena parte del éxito del centro está en sus "buenas instalaciones, una gestión eficaz y la calidad de las aguas del manantial que aflora en el lugar, que están especialmente indicadas para afecciones reumáticas y digestivas, que van desde la artrosis y el estreñimiento hasta enfermedades de hígado y de la vesícula biliar".

Por todo ello, es el primer balneario en España que recibió el certificado de calidad ISO-9002, que acredita la existencia de unas instalaciones termales idóneas y que reconoce la eficacia de la gestión.

Historia

A finales del siglo XIX, el manantial de Hervideros era conocido como Charco de la Muerte, por la frecuente aparición de pequeños animales muertos que parecían indicar que podían tratarse de aguas venenosas. Los análisis de aquella afloración, encargados a un boticario de la zona, determinaron que se trataba de emanaciones de anhídrido carbónico. No fue hasta 1902 cuando en una Real Orden de 12 de noviembre, publicada en la Gaceta de Madrid el 15 de noviembre de ese año, son declaradas aguas de Utilidad Pública, clasificándolas, en virtud de sus gases y minerales en disolución, como bicarbonatadas mixtas, sulfatado-magnésicas, ferruginosas y carbónicas. De ahí su nombre de Hervideros: por el burbujeo continuo de las aguas del manantial debido a las emanaciones sulfurosas

vinculadas a la actividad del cercano volcán del Cerro de Agra.

El balneario se levantó siguiendo las pautas del estilo arquitectónico modernista al gusto de los inicios del siglo XX. Pronto, Hervideros se convirtió en un centro de curación y descanso vacacional de la aristocracia y la burguesía valenciana, que "aprovechaban su estancia para pactar acuerdos para el precio de la naranja, las licencias de importación o las licencias de obras, con lo que, lo que era aparentemente una estancia en un establecimiento dedicado al cuidado de la salud, se convertía realmente un club privado donde se definían la economía de la provincia e incluso de la región valenciana", tal y como nos cuenta el doctor Fernández Torán, verdadero cronista de la historia de este enclave.

A lo largo del siglo, el balneario fue variando su clientela, con el paréntesis de la guerra civil, años en los que este lugar se convirtió en hospital. Tras el conflicto, los años cincuenta fueron los últimos de gran apogeo. En los sesenta, aún se mantenía la afluencia, pero las grandes estancias en balnearios fueron decayendo con la aparición del turismo de playa. Las familias ricas dejaron de acudir o repartían su estancia en el complejo con otros destinos. Esto abrió paso a nuevos clientes que ocupaban las plazas que dejaban las grandes familias. Fue en los setenta cuando la afluencia al balneario decayó definitivamente. Las noticias de la construcción en Cofrentes de una central nuclear provocaron que la empresa propietaria iniciase una estrategia de desinversión en el balneario, con lo cual, las instalaciones empezaron a perder mucha calidad. Un proceso que acabó con la compra del complejo por el Ayuntamiento de Cofrentes por un importe de 50 millones de la época, que fueron abonados gracias a una aportación de Hidroeléctrica Española, la empresa constructora y propietaria de la central nuclear de Cofrentes en aquella época.

Antigua báscula de pesaje de los usuarios en una de las dependencias del balneario. Detalle del azulejado antiguo del balneario. Abajo, cartel del siglo pasado explicativo de la composición de las aguas del balneario cofrentino.



AGUAS MINERO-MEDICINALES DEL MANANTIAL DE LOS HERVIDEROS DE COFRENTES		COMPOSICIÓN POR LITRO	
<p>DECLARADAS DE UTILIDAD PÚBLICA POR REAL ORDEN DE 15 DE NOVIEMBRE DE 1902</p>			
<p>ANÁLISIS DE LAS AGUAS</p>			
<p>APLICACIONES TERAPÉUTICAS</p> <p>Estas aguas en las afecciones siguientes:</p> <p>HÍGADO (hepatitis bilio-celias hepática, ictericia, etc.)</p> <p>INTESTINOS (estreñimiento, colitis, espasmos, etc.)</p> <p>TUBO DIGESTIVO (obstrucción de bilis y vesícula)</p> <p>NUTRICIÓN (anemia, etc.)</p> <p>SANGRE (anemia, etc.)</p> <p>TRASTORNOS GÉNITALES DE LAS FEMBRAS (menstruaciones, etc.)</p> <p>FERONÉS (neuritis, etc.)</p>		<p>ANÁLISIS DE LAS AGUAS</p> <p>COMPOSICIÓN POR LITRO</p> <p>BASES DISUELTAS</p> <p>Cloruro sódico 0,01600</p> <p>Cloruro litico 0,00910</p> <p>Cloruro magnésico 0,00810</p> <p>Sulfato sódico 0,00810</p> <p>Sulfato cálcico 0,00810</p>	
<p>ANÁLISIS DE LAS AGUAS</p> <p>COMPOSICIÓN POR LITRO</p> <p>BASES DISUELTAS</p> <p>Cloruro sódico 0,01600</p> <p>Cloruro litico 0,00910</p> <p>Cloruro magnésico 0,00810</p> <p>Sulfato sódico 0,00810</p> <p>Sulfato cálcico 0,00810</p>		<p>ANÁLISIS DE LAS AGUAS</p> <p>COMPOSICIÓN POR LITRO</p> <p>BASES DISUELTAS</p> <p>Cloruro sódico 0,01600</p> <p>Cloruro litico 0,00910</p> <p>Cloruro magnésico 0,00810</p> <p>Sulfato sódico 0,00810</p> <p>Sulfato cálcico 0,00810</p>	



Un nuevo proyecto

La historia moderna del Balneario de Hervideros de Cofrentes comienza en 1988, cuando la sociedad "Hervideros de Cofrentes S.A." se hace cargo de este. El doctor Fernández Toran, actual director gerente del complejo y máximo accionista de esta sociedad, recuerda que a la hora de hacer un proyecto para Hervideros lo único que se le pidió desde el ayuntamiento de la época fue que se creara empleo estable para mujeres. "Por entonces, comenzaba a funcionar la central nuclear que generaba mucho empleo para hombres, pero para las mujeres entonces no había las posibilidades que hay ahora", explica Fernández Toran.

Así que el objetivo, según nos comenta el empresario, fue que, "además de crear empleo para mujeres, debíamos ser capaces de crear un producto que generara una demanda lo más estable posible y capaz de ocupar plazas todos los días de la semana". Así que, "siendo yo el empresario y además médico", afirma el doctor Fernández Toran, "tenía claro que el modelo de negocio debía estar centrado en la salud y estar dirigido a un segmento de mercado con tiempo y dinero. Y el único segmento que hay en el mercado con esas características es el de los jubilados y pensionistas".

Los nuevos gestores realizaron a su llegada unas profundas obras de mejora que incluyeron la rehabilitación del Gran Hotel, mejorando sus instalaciones, ampliando el número de habitaciones y ofreciendo una mayor calidad en los servicios al cliente. Estas obras se extendieron al resto del complejo, rehabilitando los chalets y, ampliando y mejorando las instalaciones termales y sanitarias del balneario.



El balneario de Hervideros es una ciudad termal. Arriba, fotos de Gran Hotel del balneario, una joya de trazos modernistas que acoge la llegada de los usuarios. A la izquierda un paseo peatonal con tiendas y, abajo a la izquierda, la capilla de la Virgen de los Desamparados, otra de las joyas de este paraje.

Hoy, Hervideros es la primera industria turística del interior de la comunidad valenciana. "Somos el hotel con más pernoctaciones y más plantilla de la provincia de Valencia -nos cuenta su director gerente-, pero no compitiendo con el segundo que está en el entorno de 90.000 pernoctaciones en 12 meses mientras que nosotros en el año 2019, hicimos 123.000 en nueve meses, y no se pudieron aumentar porque la capacidad del complejo no daba para más".

El complejo tiene actualmente una plantilla de 230 personas, la mayor parte de ellas del Valle de Ayora, lo que lo convierte en la empresa que más empleo genera en los pueblos

del entorno, dejando aparte la central nuclear de Cofrentes.

Cofinanciación con Enresa

Enresa trabaja desde el año 2015 trabajando con el ayuntamiento cofrentino a través de diversos proyectos de cofinanciación que, tal y como destaca el alcalde de la localidad, Salvador Honrubia, "son actuaciones que resultan necesarias e importantes para nosotros, pensando que llegará el momento en que la central nuclear de Cofrentes pondrá punto final a su actividad".

En este marco de colaboración, que tiene como objetivo actuaciones de mejora y de creación de empleo,

Enresa cofinancia actualmente la construcción de un nuevo edificio de habitaciones de uso hotelero en el balneario de Cofrentes. Un proyecto con una inversión prevista de 1.206,765 euros, de los cuales Enresa aporta 335.700 euros, de acuerdo con lo establecido en la Orden Ministerial que regula este tipo de iniciativas con los ayuntamientos del entorno de instalaciones nucleares.

El objetivo de este proyecto, que tiene carácter plurianual, es ampliar la capacidad hotelera del centro termal con la construcción de un nuevo edificio de tres plantas que ampliará la oferta actual con entre 36 y 42 habitaciones nuevas.



De imperio argentina a escuela de cocina

Más de un siglo de existencia ha dado tiempo para que la historia de este paraje esté trufada de anécdotas. El doctor Fernández Toran, con su espíritu de cronista del lugar, nos aporta algunas de ellas.

Quien realmente puso en marcha este balneario fue una familia de Valencia muy conocida, la familia Casanova que, entre los múltiples negocios que tenían, estaba Cifesa, la principal productora de cine de España durante varias décadas del pasado siglo. Esta familia, además de poner en el balneario el primer cine de la comarca, en algún momento decidió que este era un buen escenario para filmar una película. Y aquí se rodó en los años treinta la película *La Hermana San Sulpicio*, protagonizada por Imperio

Argentina, la estrella del momento. Y hasta aquí llegaron la protagonista y el equipo de rodaje para filmar unos sesenta minutos del metraje total de esta obra, que se desarrolla entre un cortijo andaluz y un balneario de toma de aguas, en la que algunos de los balcones de la fachada noble del hotel se convierten en un cortijo donde alguien le toca la guitarra a Imperio Argentina vestida de sevillana y asomada al balcón.

Cuando la empresa del doctor Miguel Angel Fernández Torán se hizo cargo del balneario, tuvo que abordar importantes cambios de cultura entre los clientes, ya que era frecuente que estos tuvieran su propia llave de los chalets que se llevaban consigo a su partida del complejo. Por supuesto, era habitual que los siguientes ocupantes también tuvieran su propia llave de aquella vivienda, como si se tratase de una multipropiedad.

Una de las primeras actuaciones que se hizo fue cambiar el voltaje de la luz en el complejo, pasando de 125 voltios a los 220 actuales. Como consecuencia de ello, y a pesar de estar perfectamente indicado, los nuevos gestores tuvieron que abonar, en un solo verano, hasta sesenta televisores reventados, cuyos propietarios habían ignorado la advertencia del cambio de voltaje que había en cada enchufe. Y es que eran muchos los clientes que traían su televisión como un elemento más del equipaje durante su estancia en el hotel-balneario.

La tranquilidad del entorno y la calidad de las instalaciones han servido de atracción para uno de los más importantes concursos de cocina en televisión que aprovecha el balneario no solo para hacer grabaciones, sino también para estancias veraniegas con cursos de formación y entretenimiento para jóvenes aspirantes a cocineros.

Enresa calcula su huella de carbono

TEXTO: AINARA DE LA RUA

FOTOS: ENRESA; SHUTTERSTOCK

Enresa inició en 2021 un proceso para calcular la huella de carbono de sus actividades y, finalmente, en julio de 2022 fue aprobada la solicitud de inscripción de la huella en el Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del MITECO. Se entiende como huella de carbono “la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto”. El análisis de huella de carbono proporciona como un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad de una organización. De esta manera, la huella de carbono se configura como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental.



La huella de carbono es un indicador ambiental que mide las emisiones a la atmósfera tanto directas como indirectas de compuestos como el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O), los hidrofluorocarburos (HFCs), los perfluorocarburos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y, sobre todo, del más abundante y conocido: el dióxido de carbono (CO₂). Son los conocidos gases de efecto invernadero (GEI en adelante).

Conocer el dato —expresado en toneladas de CO₂ emitidas— es importante ya que permite conocer el impacto que deja la actividad humana sobre el medio ambiente y cuantificar la cantidad de gases emitidos por las personas, productos u organizaciones, para poder poner en marcha las iniciativas necesarias de reducción y/o compensación.

El cálculo de la huella de carbono personal permite conocer la marca ambiental que deja una persona en base a sus hábitos de consumo y estilo de vida, teniendo en cuenta las emisiones GEI asociadas a los desplazamientos habituales y medios de transporte utilizados, a la tipología de vivienda y a los consumos energéticos en el hogar, a los hábitos alimenticios y al consumo de bienes.

La huella de carbono de un producto mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de ese producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de su vida útil, teniendo en cuenta además el transporte entre las distintas etapas.

La huella de carbono de las organizaciones es el indicador de impacto ambiental de la actividad de una empresa, teniendo en cuenta los recursos naturales consumidos en la producción o prestación de un servicio, así como la totali-

dad de GEI emitidos directa o indirectamente.

En España, hasta el año 2021, su cálculo y comunicación era voluntaria, estando regulada por el *Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se creó el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Con la publicación de la *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*, el gobierno incluyó en la disposición adicional duodécima la obligatoriedad de que determinadas empresas deban calcular y publicar su huella de carbono, así como elaborar y publicar un plan de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Pese a que aún no se ha establecido qué empresas están obligadas a realizar el cálculo, Enresa ha realizado este ejercicio por primera vez durante el primer trimestre de 2022, para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, con la intención de que el cálculo se repita en años sucesivos y se incorpore la información a los Estados de Información no Financiera que se elaboren anualmente.



Sede social de Enresa en Madrid.



¿Cómo se calcula?

Para el cálculo de la huella de carbono es necesario identificar de forma previa cuáles son los límites (de la organización y operativos) que se van a considerar en el año de cálculo, para poder establecer las actividades o procesos que se incluirán en la toma de datos y en los cálculos y, así, identificar las fuentes emisoras asociadas.

En el caso de Enresa, se han considerado dentro de los límites organizativos las actividades de gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento y clausura de centrales nucleares desarrolladas en las oficinas centrales situadas en Madrid, las naves situadas en Alcalá de Henares (Madrid), las oficinas en Córdoba y Villar de Cañas (Cuenca), el centro de almacenamiento situado en El Cabril (Córdoba) y las centrales nucleares de José Cabrera (Guadalajara) y la instalación nuclear Vandellós I (Tarragona).

Una vez identificadas las actividades que generan emisiones, se ha aplicado un enfoque de cuantificación de emisiones basado en la metodología EMEP/EEA -metodología desarrollada por la Agencia Europea de Medio Ambiente y el Programa Europeo de monitorización y evaluación sobre contaminación transfronteriza a larga distancia-, que permite estimar el volumen de las emisiones a partir de datos cuantificables (datos de actividad) y factores de emisión provenientes de fuentes contrastadas, en base a la siguiente fórmula: $\sum(\text{Dato de actividad}_{ab} \times \text{Factor de emisión}_{ab})$.

FÓRMULA DE LA HUELLA DE CARBONO

$$\sum(\text{Dato de actividad}_{ab} \times \text{Factor de emisión}_{ab})$$

donde, el *dato de actividad* es la medida cuantitativa de la actividad que da lugar a la emisión de GEI (por ejemplo, los consumos energéticos, la cantidad de residuos generados, las recargas de gases refrigerantes realizadas, etc., diferenciados por la tipología de fuente de emisión), y el *factor de emisión* es el coeficiente que relaciona los datos de actividad con la emisión de gases de efecto invernadero.

Las tipologías de fuentes de emisión de GEI consideradas en el caso de Enresa, clasificadas según las categorías que exige la UNE-EN ISO 14064-1 sobre gases de efecto invernadero, han sido las siguientes.

- Emisiones directas de GEI (Alcance 1): emisiones provenientes de fuentes que pertenecen o son controladas por Enresa:
 - Combustión en fuentes estacionarias y móviles (excepto carretera): calderas, grupos electrógenos, maquinaria móvil, incineradores, generadores y bombas.
 - Fugas o pérdidas no controladas de gases fluorados de efecto invernadero de equipos de climatización y sistemas contra incendios.
 - Combustión derivada de vehículos en propiedad u operados por Enresa.
- Emisiones indirectas de GEI por energía importada (Alcance 2): emisiones derivadas por la electricidad que es adquirida por Enresa y no es autogenerada.
- Emisiones indirectas de GEI por transporte (Alcance 3): emisiones que no son generadas por fuentes controladas por Enresa pero que son consecuencia de su actividad.
 - Viajes realizados por el personal en avión, tren, vehículos de alquiler/renting o del uso del vehículo particular para viajes de trabajo.
 - Viajes *in itinere* (considerando vehículos particulares, autobús, metro, y tren)
 - Transporte de residuos de media, baja y muy baja actividad desde las instalaciones nucleares hasta el centro de almacenamiento de El Cabril.

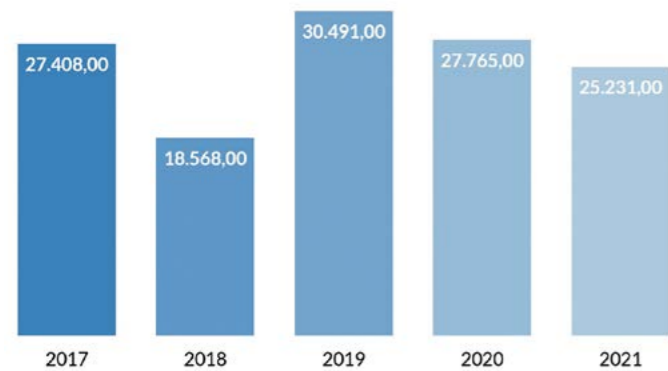
- Uso de vehículos por la empresa de seguridad en las instalaciones de Enresa.
- Emisiones indirectas de GEI generadas por bienes comprados y servicios utilizados (Alcance 3): otras emisiones que están asociadas a la actividad de Enresa.
 - Emisiones asociadas al ciclo de vida de los combustibles consumidos en las fuentes fijas y móviles del alcance 1.
 - Transporte y tratamiento de los residuos no radiactivos generados.
 - Adquisición de bienes y servicios, como las emisiones generadas por las actividades que realizan para Enresa aquellas empresas que prestan servicios de consultoría, ingeniería y mantenimiento.
 - Fabricación y suministro de los contenedores de residuos de alta actividad.

Para poder documentar y cuantificar el inventario de emisiones de Enresa ha sido necesario, para cada año de cálculo, recopilar: facturas de combustible, registros de mantenimiento de los equipos de climatización y de los sistemas de protección contra incendios, información relativa a los vehículos de la flota de Enresa (ITV, consumos, km recorridos), facturas mensuales de las comercializadoras eléctricas, órdenes de viaje de los trabajadores, documentos de identificación con la cantidad de residuos no radiactivos transportados, su destino y tratamiento final, cifras de gestión de residuos radiactivos en El Cabril, datos de personal, información de hábitos de movilidad, unidades de contenedores de RAA suministradas, gastos asociados a los bienes y servicios adquiridos.

Una vez recopilados los datos de actividad, estos se cargan en una herramienta de cálculo propia para Enresa, y desarrollada por una empresa externa con dilatada experiencia en la materia, que una vez ejecutada facilita los resultados del inventario de emisiones de GEI que conforman la huella de carbono para el año en estudio.

Las huellas de carbono de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 son las siguientes:

HUELLA DE CARBONO TOTAL (tCO₂e)



Baterías de paneles solares en El Cabril.

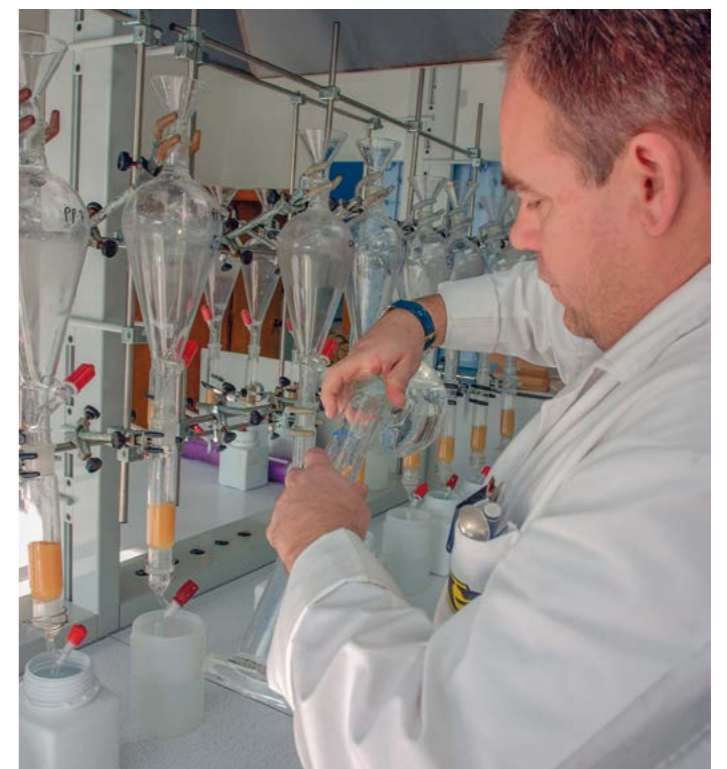
En el caso del año 2021, el resultado del cálculo en función de los distintos alcances ha sido el siguiente:

Emisiones GEI 2021 por alcance	Alcance 1	469,02	tCO ₂ e
	Alcance 2	1.514,93	tCO ₂ e
	Alcance 3	23.247,99	tCO ₂ e
	Huella Carbono	25.231,94	tCO₂e

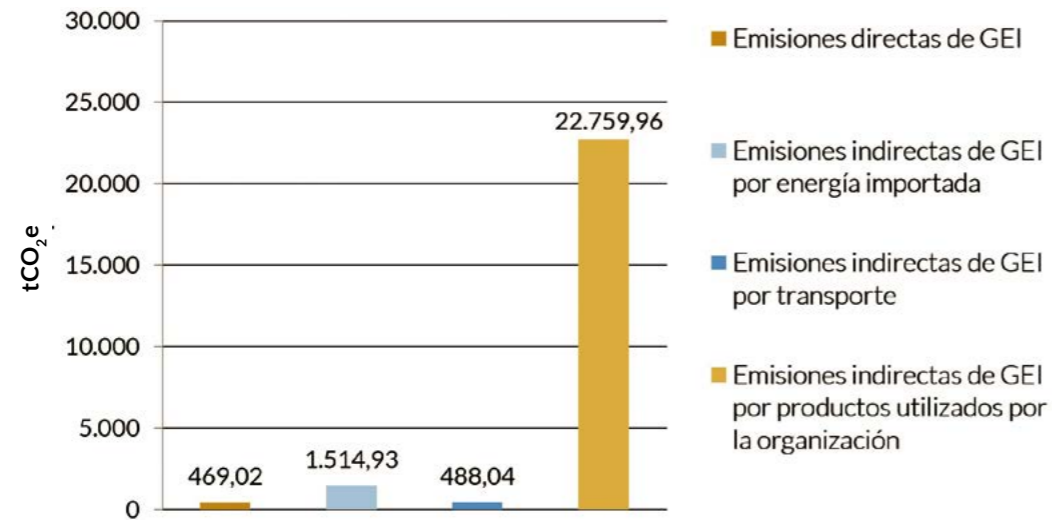
A la derecha, trabajos de desencofrado de la tapa de un contenedor en la fábrica de contenedores de El Cabril.



Arriba a la izquierda, trabajos en la planta de fabricación de contenedores de El Cabril, y a la derecha, vista de la Red de Control de Infiltraciones situada bajo las plataformas de almacenamiento de residuos de media y baja actividad. Abajo a la derecha, trabajos en el laboratorio activo de la instalación.

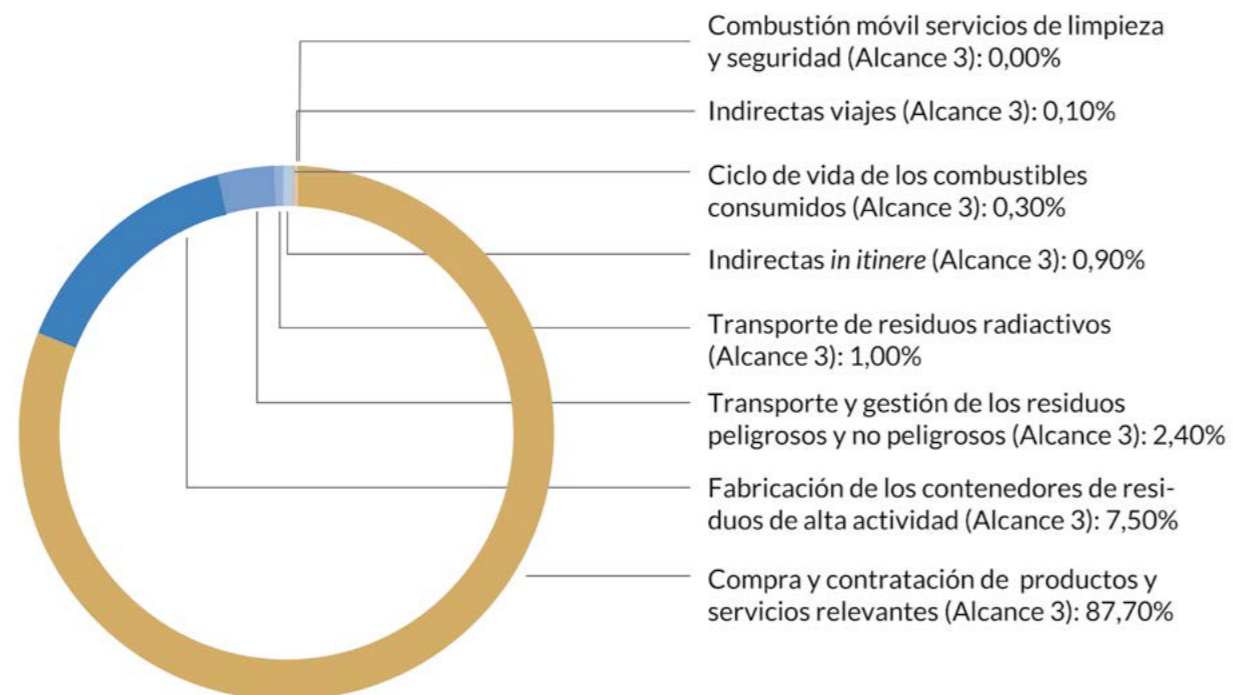


**HUELLA DE CARBONO
EMISIONES POR CATEGORÍAS (EN tCO₂e)**



Como se puede apreciar de los datos anteriores, la categoría que más influye en la emisión de GEI, es la relativa a las emisiones indirectas derivada de los productos utilizados, existiendo en 2021 las siguientes contribuciones:

**HUELLA DE CARBONO
DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES ALCANCE 3 POR TIPO DE FUENTE (EN %)**



Y una vez calculado...

Una vez obtenidos todos los datos, se elabora un informe de huella de carbono que en el caso de Enresa fue verificado por una entidad independiente, corroborando que se han cumplido todos los criterios establecidos por la UNE-EN ISO 14064-1 y ayuda a detectar posibles errores o a dar respaldo a los cálculos realizados.

Por otra parte, el cálculo anual de la huella de carbono y su seguimiento permite conocer con más profundidad y detalle la evolución de las emisiones de GEI para así establecer iniciativas de mejora y reducción de emisiones, que pueden integrarse junto con los objetivos y programas ambientales de las distintas instalaciones.

El proceso de verificación y el plan de reducción son indispensables para poder solicitar la inscripción en el registro estatal del Ministerio. Una vez chequeada la información, la solicitud de registro es aceptada y la empresa recibe un certificado de inscripción y el derecho al uso de un sello en el que se distingue por un lado, el nivel de participación de la organización en el Registro, es decir, si calcula su huella, si ha conseguido

reducirla o si ha compensado toda o parte de ésta; y por otro, el año que corresponde a este nivel de participación

Gracias a la implicación de la plantilla de Enresa, especialmente de los departamentos, servicios y unidades de los distintos centros de trabajo que han participado en la ardua tarea de recopilación de los datos de actividad, el esfuerzo se ha traducido en la obtención de los sellos correspondientes a los años 2017, 2018, 2019 y 2021.

Concretamente, para el año 2021 el sello conseguido es CALCULO-REDUZCO. Esto implica que Enresa ha calculado la huella del 2021, y ha alcanzado los compromisos de reducción de emisiones establecidos los años anteriores.

Toda la información relativa a esta inscripción se encuentra en el enlace: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/registro-huella.aspx>

Estación de muestreo de aire del C.A. El Cabril.



RENACER de las cenizas

¿Qué ocurre en el monte mediterráneo después de un incendio forestal?



La gran alarma social que producen algunos incendios forestales, y los temores de que en estos siniestros se pierda un patrimonio natural insustituible, no siempre se corresponden con la realidad, tozuda, en la que resultan decisivos los procesos de recuperación espontánea y, a veces sorprendente, propios de los ecosistemas mediterráneos. No es posible entender la naturaleza de nuestro país sin la acción del fuego, igual que es utópico pensar que la extinción es la única herramienta con la que batallar frente a esta amenaza. La cuestión es más compleja de lo que parece pero, aún así, no hay que dar todo por perdido. Esta sería, en resumen, la conclusión de los expertos que, en nuestro país, han evaluado cómo responde la naturaleza a la agresión del fuego. Lo mejor: mejorar la gestión de nuestros montes, dejar actuar a la naturaleza, ayudarle lo justo, no molestar.

TEXTO: JOSÉ MARÍA MONTERO. PERIODISTA AMBIENTAL

FOTOS: BERT KNOTTENBELD, JORGE FERNÁNDEZ, SUTTERSTOCK Y JUNTA DE ANDALUCÍA

Es muy posible que si del cómputo total de incendios forestales que se registran en nuestro país se restaran los fuegos provocados por la mano del hombre, y aquellos que están directamente vinculados con las peores consecuencias de la actividad humana (incluido el cambio climático y el abandono de las zonas rurales), la naturaleza estaría en condiciones de asumir el impacto de las llamas. Los territorios silvestres del sur de Europa están perfectamente adaptados a esta contingencia. En nuestras latitudes los incendios son tan viejos como la propia vegetación, y el que nos preocupen hoy más que en el pasado se debe al espectacular incremento de

su frecuencia, extensión e intensidad, simplemente porque a las causas naturales, asumibles, han venido a añadirse otros muchos factores que hacen casi ingobernables estos siniestros.

Cualquier política encaminada a enfrentarse con garantías a este problema ambiental debe partir “del conocimiento de que los incendios son propios de los ecosistemas mediterráneos”, advierte Juli G. Pausas, investigador en el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE-CSIC). Y añade: “La política de tolerancia cero a los incendios no ha funcionado en ningún país del mundo. El reto de la gestión no debería ser eliminar los incendios, sino crear

paisajes que generen regímenes de incendios sostenibles tanto ecológica como socialmente”.

Pero, ¿qué es un incendio sostenible? En zonas poco pobladas y con ecosistemas bien adaptados al fuego se puede tolerar un cierto número de incendios, un régimen ajustado a esa pauta natural que, en el caso de algunos ecosistemas, es, incluso, imprescindible para su supervivencia. Algunas especies de pino, por ejemplo, esparcen sus piñas esperando que el fuego las abra para así dispersar sus semillas y garantizar una regeneración natural del bosque a partir de nuevos plantones que, además, no encuentran otra competencia.

Asimismo, habría que romper la homogeneidad de los paisajes forestales, reforzando los mosaicos en donde se entremezclan el bosque y los aprovechamientos agrícolas o ganaderos. El abandono de las zonas rurales no ayuda a esta diversificación que es, sin duda, una de las mejores salvaguardas frente al fuego. Una masa continua de combustible vegetal es el peor escenario cuando llega el verano. "En general", explica Francisco Cano, presidente en Cataluña de Profor (Asociación de Forestales de España), "lo que hace falta no es repoblar, sino que lo que hay que hacer es retirar el combustible que cada año se acumula en nuestros bosques mediante la ganadería extensiva y la silvicultura. El fuego es síntoma de lo que está pasando: estamos empleando todos nuestros medios en la extinción, cuando el verdadero problema lo tenemos en el abandono del territorio".

Un tercer elemento a tener en cuenta en esta "sostenibilidad" de los incendios son las actuaciones específicas en espacios estratégicos o en aquellos que están próximos a zonas habitadas. En estos casos hay que desarrollar técnicas de prevención en las que, como explica Juli G. Pausas, puede usarse el pastoreo o las quemadas prescritas, es decir, el fuego provocado y controlado como herramienta para evitar los peores incendios, reduciendo así el combustible y generando discontinuidades en la masa forestal. Particularmente delicadas son las actuaciones en la zona de contacto entre el medio natural y las áreas urbanizadas. La presencia de viviendas diseminadas en zonas rurales multiplica el riesgo de incendios, por negligencias o directamente provocados, modifica las pautas de actuación de los servicios de extinción (que deben, como es lógico, concentrarse en evitar el peligro a las personas, lo que impli-

Proyecto de recuperación de olivos de altura en Las Navas de la Concepción (Sevilla).



ca, incluso, renunciar a intervenir en donde sería más efectivo), y hace que las consecuencias del fuego lleguen a ser catastróficas con mucha más facilidad.

El primer otoño

Después de un incendio, y aún admitiendo que la naturaleza tiene

poderosos mecanismos de regeneración, hay que estar muy atentos al primer otoño, a las primeras lluvias. Incendios de gran virulencia, donde ha desaparecido toda la cubierta vegetal y, además, localizados en parcelas de elevada pendiente, dibujan el peor escenario posible porque la erosión puede llegar a alcanzar ni-

La ganadería extensiva ayuda a retirar el combustible que se acumula en los bosques.



veles insostenibles. "El suelo", precisa un informe de la organización conservacionista WWF, "es el único recurso que puede verse dañado de forma irreversible tras un incendio, y sin un suelo próspero, no es posible restablecer la vida". La espesura media de un suelo fértil y bien estructurado es de unos 25 centímetros, pero es que "cada uno de esos centímetros puede tardar en formarse unos 500 años" y, sin embargo, llegan a desaparecer en apenas unas pocas semanas. La mayor frecuencia de incendios particularmente virulentos, como el de Sierra Bermeja (Málaga) de 2021, significa que en algunos puntos llegan a registrarse temperaturas altísimas que impiden el trabajo de los equipos de extinción y son capaces de destruir la materia orgánica del sue-



lo (sin necesidad de esperar a que actúe la erosión). En uno de estos siniestros pueden llegar a superarse fácilmente los 600 grados centígrados, cuando bastan 70-75 °C para que, en treinta segundos, mueran las células de la materia vegetal, y

por encima de los 450 °C comience la combustión de la materia orgánica que enriquece los suelos. Por desgracia, este tipo de siniestros han dejado de ser una rareza como consecuencia del cambio climático y el peligroso cóctel al que nos somete: elevación de la temperatura, disminución de las precipitaciones y mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (sequías y olas de calor).

Después del fuego tampoco hay que fiar el futuro al típico ecosistema boscoso, porque en el escenario mediterráneo hay matorrales más diversos que bosques, formaciones que agradecen una mayor cantidad de luz y condiciones ambientales heterogéneas. Por lo tanto, razona Pausas, "la sociedad debería poner

ibéricos, que podemos encontrar lo mismo en Galicia que en Andalucía.

En definitiva, en la mayoría de los casos después del fuego hay que estar más atentos al suelo que a la vegetación, de manera que en donde el riesgo de erosión sea bajo dejar actuar a la naturaleza sería, quizá, la mejor opción. Es lógico que los ciudadanos se lancen a reclamar la inmediata repoblación de estas zonas quemadas y que incluso se organicen acciones en este sentido. Pero más allá de este impulso lógico y emocional, lo más razonable es proteger el suelo, retirar el material quemado, evitar la aparición de especies invasoras, facilitar el regreso de la fauna y permitir que los mecanismos espontáneos de regeneración actúen. Pero, aunque hablemos



Las altas temperaturas de algunos incendios pueden destruir la materia vegetal del suelo. La tierra quemada queda expuesta a las inclemencias.

más en valor los ecosistemas que no son bosques, como los matorrales, las dehesas y los pastizales, todos ellos con una elevada diversidad en nuestro territorio". Un magnífico ejemplo de matorrales autóctonos y ricos en especies son los brezales

de plazos, los de la naturaleza, nada tienen que ver con las urgencias de los plazos que manejamos los humanos. En lo que se refiere a los incendios forestales, la paciencia también es una buena herramienta para alimentar la esperanza.



Ejemplar de alcornoque.

“El **pirofitismo** es un mecanismo natural que permite a la vegetación sobrevivir a los incendios o volver a colonizar zonas quemadas”

Adaptados al fuego

La vegetación autóctona de todas las zonas de clima mediterráneo está adaptada a la acción devastadora del fuego. Es lo que se denomina pirofitismo, que puede ser activo o pasivo, un mecanismo natural que le permite sobrevivir a los incendios o volver a colonizar fácilmente las zonas quemadas.

Uno de los ejemplos más representativos de pirofitismo pasivo es el desarrollado por el alcornoque, recubierto de una corteza protectora (corcho) poco combustible. Este tipo de árboles rebrotan con facilidad por la copa y en pocos años pueden recobrar su aspecto original.

Más complejo es el pirofitismo activo. Las plantas que han evolucionado siguiendo este mecanismo de adaptación se activan fisiológicamente una vez que han sido consumidas por el fuego o bien han acomodado su ciclo vital a los incendios. Entre las primeras se encuentra la jara, cuyas semillas resisten bien el fuego, las altas temperaturas y la luminosidad, germinando una vez que se ha extinguido el siniestro. Los brezos y acebuches, que pertenecen al segundo grupo de las pirófitas activas, mantienen sus yemas, raíces y brotes de crecimiento indemnes, ya que están bajo el suelo, por lo que no encuentran muchas dificultades

para recuperar su actividad.

El éxito o fracaso de estos recursos dependerá de la intensidad y frecuencia de los siniestros. Incendios de gran intensidad, en los que se alcancen temperaturas elevadas, pueden causar una brusca disminución de los nutrientes, con lo que raíces y semillas no podrán utilizarlos para rebrotar y germinar. Si el fuego castiga insistentemente una misma zona comenzará a ser dominantes las plantas mejor adaptadas, desplazando a las restantes. La vegetación más exigente, la de mayor valor ecológico, se verá sometida a la ley del más fuerte y desaparecerá definitivamente de estas zonas.

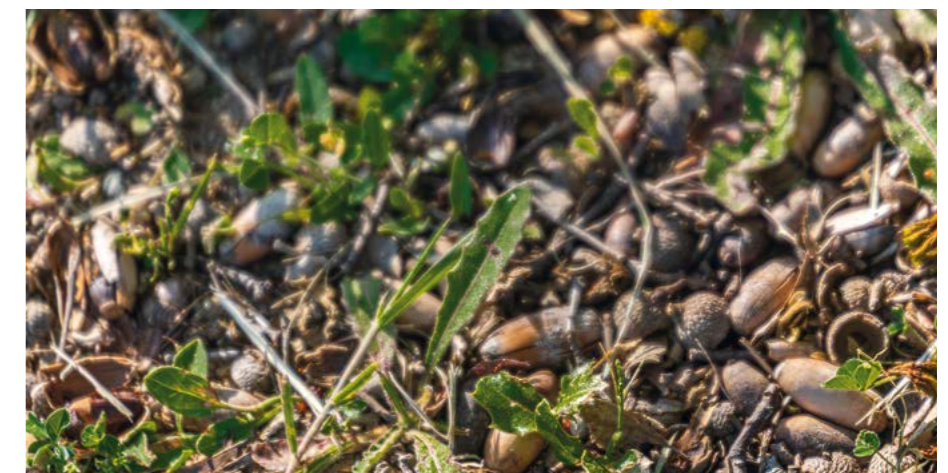
La fauna y las llamas

Los animales sufren de manera desigual los efectos de un incendio, y su recuperación está estrechamente ligada a la de la cubierta vegetal. Las aves suelen ser las menos afectadas gracias a su movilidad y, en muchos casos, ni tan siquiera muestran un comportamiento nervioso ante las llamas. Resulta llamativo, por ejemplo, el caso de carboneros y herrerillos, que suelen desplazarse pocos metros por delante del fuego, o golondrinas y vencejos que sobrevuelan el frente de llamas en busca de los insectos que se elevan entre la humareda.

Las aves que gustan de espacios abiertos ocupará sin problemas los espacios calcinados, pero si se quiere conservar la avifauna forestal puede ser necesario, en tanto se regenera la vegetación, mantener un cierto número de árboles quemados en donde puedan posarse, nidificar o buscar alimento.

Entre los mamíferos, reptiles, anfibios e insectos la mortalidad achacable al fuego es mayor. No todos pueden escapar al desastre, y al efecto directo de las llamas y el humo hay que sumar las condiciones adversas que se producen después del incendio. El aislamiento, la falta de alimento y refugio, y el hecho de que muchos de estos animales no puedan responder con la emigración ante las nuevas circunstancias pueden mermar seriamente sus poblaciones. Sin embargo, también en estos casos se inicia un lento proceso de recuperación. La abundancia de pastos primaverales en las zonas quemadas hace

que sean rápidamente colonizadas por ungulados como ciervos o gamos. Mientras se deciden a retornar especies que, como el conejo, necesitan el monte cerrado para sobrevivir, aparecen otras, como la liebre, que no precisan de una gran cobertura vegetal. El ratón de campo, capaz de adaptarse a un sinfín de situaciones, será la avanzadilla del grupo de los pequeños mamíferos, convirtiéndose al mismo tiempo en una fuente de alimento para carnívoros y rapaces nocturnas.



En las zonas quemadas, con las lluvias primaverales van brotando las semillas que quedaron liberadas en los suelos.

El papel de ENSREG en la regulación nuclear de la UNIÓN EUROPEA

TEXTO: NURIA PRIETO SERRANO

FOTOS: COMISIÓN EUROPEA; SHUTTERSTOCK



Sede de la Comisión Europea en Bruselas.

El Grupo Europeo de Reguladores de Seguridad Nuclear (ENSREG) es un grupo asesor de expertos independiente creado en 2007 tras una decisión de la Comisión Europea. Este grupo está compuesto por altos funcionarios de las autoridades reguladoras nacionales de seguridad nuclear, seguridad de residuos radiactivos o protección radiológica y altos funcionarios con competencias en estos campos de todos los Estados miembros de la Unión Europea y representantes de la Comisión Europea. El papel de ENSREG es ayudar a establecer las condiciones para la mejora continua y alcanzar un entendimiento común en las áreas de seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos.

En julio de 2007, la Comisión Europea publicó una Decisión para establecer un grupo de alto nivel de seguridad nuclear y gestión de residuos⁰¹: ahí nació ENSREG, aunque aún no era llamado así. Su creación se producía después de una negociación larga y fallida de dos propuestas de Directivas en las áreas de seguridad nuclear y residuos radiactivos, el llamado *Paquete nuclear* de 2003. De aquella experiencia, la Comisión aprendió que necesitaba colaborar más estrechamente con los expertos nacionales antes de presentar nuevas propuestas. El grupo de alto nivel que se creaba en 2007 reunía representantes de los veintisiete Estados con la misión de “asesorar y asistir a la Comisión en el progresivo desarrollo de (...) normas europeas” en las áreas de seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos y desmantelamiento, con la facultad de establecer grupos de trabajo y en cuyas reuniones podía participar la Comisión. El grupo echó a andar compuesto por los jefes de los organismos reguladores nacionales o altos funcionarios, dotado de un reglamento interno y otro específico para sus grupos de trabajo⁰². Pronto adoptó el acrónimo de *European Nuclear Safety Regulators Group* (ENSREG).

La primera crisis que afrontó ENSREG fue Fukushima el 11 de marzo de 2011. Apenas cuatro días después del accidente, el comisario de energía Öttinger se reunía con reguladores nacionales, representantes políticos y de la industria para evaluar el impacto de lo ocu-

rrido y debatir medidas de refuerzo de la seguridad nuclear. Fue entonces cuando empezó a hablarse de las pruebas de resistencia (*stress tests*), idea que tomó forma durante las siguientes semanas en reuniones de la Comisión, del Foro Europeo de Energía Nuclear (ENEF⁰³), del Consejo y de la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA⁰⁴). ENSREG se involucró casi desde el principio, adoptando un acuerdo sobre el alcance y modalidades de las pruebas⁰⁵ y organizando una conferencia bajo el lema de *Nuclear Safety in Europe*; desde entonces celebra conferencias bienales⁰⁶. Los *stress tests* se realizaron de inmediato en los países de la UE que cuentan con centrales nucleares, extendiéndose a Suiza y Ucrania (que participaron plenamente en el proceso inicial) y más tarde a Armenia, Turquía, Rusia, Taiwán, Japón, Corea del Sur, Sudáfrica y Brasil.

Mientras los *stress tests* eran promovidos en el grupo de alto nivel de ENSREG, sus grupos de trabajo se ocupaban de cuestiones relacionadas con el marco legal de Euratom. El grupo 1 sobre seguridad nuclear participó activamente en la revisión de la Directiva de Seguridad Nuclear de 2009⁰⁷ que se produciría a

01 2007/530/Euratom: Decisión de la Comisión, de 17 de julio de 2007, por la que se establece el Grupo europeo de alto nivel sobre seguridad nuclear y gestión de los residuos radiactivos (Texto pertinente a efectos del EEE).

02 Reglamento del Grupo de 2011 [HLG_p(2011-15)_76] y sus grupos de trabajo de 2012 [HLG_p(2012-21)_116] publicados en www.ensreg.eu

03 *European Nuclear Energy Forum*, Plataforma creada en 2007 con representantes institucionales y de la industria, ONGs y agentes sociales. https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/nuclear-safety/european-nuclear-energy-forum-enef_en

04 Western European Nuclear Regulators Association, creada en 1999 con el objetivo de coordinar la regulación nuclear en Europa. <https://www.wenra.eu/>

05 Especificaciones para los *stress-tests*, 31 de mayo de 2011, <https://www.ensreg.eu/node/289/>

06 <https://www.ensreg.eu/2011-conference-archive>

07 Directiva 2009/71/Euratom del Consejo, de 25 de junio de 2009, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares.

raíz del accidente de Fukushima y cristalizaría en la enmienda de 2014⁰⁸. El Grupo 2 sería el de gestión de residuos y desmantelamiento, dedicado a acompañar el proceso de implementación de la Directiva de residuos de 2011⁰⁹. El grupo 3 se dedicaría a asegurar que todas las medidas fueran acometidas garantizando los derechos de información y participación públicas y de él han emanado directrices sobre la apertura y transparencia que deben fomentar los órganos reguladores¹⁰.

Por último, existió un grupo 4 sobre cooperación nuclear con terceros países. Este grupo estaría ligado al Instrumento de Cooperación en materia de seguridad nuclear¹¹ y acabó fundiéndose con el grupo 1.

Acciones

El grupo de trabajo 2 o WG2 ha realizado un importante esfuerzo de interpretación de la Directiva 2011/70/Euratom (sobre gestión de residuos radiactivos). Ya durante las negociaciones de esta Directiva quedaba clara la necesidad de desarrollar algunos de sus contenidos con cierta amplitud. El primer encargo que recibió WG2 fueron unas Directrices sobre el contenido de los informes nacionales exigidos por su artículo 14(1), que formarían *tándem* con otras desarrolladas previamente por ENEF (foro consultivo que reúne también a la industria y a la sociedad civil) sobre los contenidos del programa nacional.

La principal objeción que tenían los Estados miembros a la realización de informes nacionales en virtud de la Directiva era que desde el año 2003 ya se venían realizando informes con un contenido parecido para la Convención Conjunta y se temía la duplicación de trabajo. Como participante en aquella tarea, puedo asegurar que se realizó un intento serio de cotejar los contenidos de los informes de la Convención Conjunta con las necesidades de la Directiva de residuos, tratando de optimizar contenidos. Sin embargo, después de muchas deliberaciones, se concluyó que el enfo-

08 Directiva 2014/87/Euratom del Consejo, de 8 de julio de 2014, por la que se modifica la Directiva 2009/71/Euratom.

09 Directiva 2011/70/Euratom del Consejo, de 19 de julio de 2011, por la que se establece un marco comunitario para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos.

10 *Guidance for National Regulatory Organisations. Principles for Openness and Transparency*; documento de 24 de enero de 2011, actualizado por el *Guidance on Openness and Transparency for European Nuclear Safety Regulators*; HLG-p(2019-39)_165, de noviembre de 2019.

11 Este Instrumento fue regulado por el Reglamento (Euratom) 237/2014 del Consejo, de 13 de diciembre de 2013, reformulado recientemente por el Reglamento (Euratom) 2021/948 del Consejo de 27 de mayo de 2021.

El papel de ENSREG es ayudar a establecer las condiciones para la mejora continua y alcanzar un entendimiento común en las áreas de seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos.

que más adecuado sería seguir la Directiva artículo por artículo, explicando qué habían hecho los Estados en cada aspecto. Tal es el contenido de las primeras Directrices de ENSREG, publicadas en 2014¹² y que serían corregidas en 2018 tras el primer ciclo de revisión¹³.

Otra cuestión que ha ocupado a WG2 han sido los inventarios de residuos, que han de formar parte de los programas nacionales (art. 12.1c de la Directiva) y de los informes de la Comisión al Consejo y Parlamento (art. 14.2b). Si hasta 2011 no hemos tenido una Directiva de gestión de residuos, puede imaginarse fácilmente que cada Estado ha elaborado sus inventarios de acuerdo con sus propias necesidades, por lo que, aparte de una Recomendación de la Comisión del año 1999¹⁴, relegada ante la clasificación del OIEA¹⁵, y unos informes de situación que la Comisión venía publicando desde la década de 1980¹⁶, había pocos elementos comunes para clasificar los residuos y elaborar esos inventarios. La necesidad, ahora, de presentar los inventarios con mayor grado

12 *Final Guidelines for MS Reports to the Waste Directive*, HLG_p(2014-27)_137 <http://www.ensreg.eu/document/final-guidelines-ms-reports-waste-directive>.

13 *ENSREG Working Group 2. Guidelines for Member States reporting on Article 14.1. of Council Directive 2011/70/Euratom*, <https://www.ensreg.eu/nuclear-safety-regulation/eu-instruments/Spent-fuel-and-radioactive-waste-directive>.

14 Recomendación de la Comisión de 15 de septiembre de 1999 sobre un sistema de clasificación de residuos radiactivos sólidos, (1999/669/CE, Euratom).

15 *Clasificación de desechos radiactivos*, OIEA GSG-1. La clasificación de referencia en esos años era la GSG-1 publicada en 2009; esta ha sido reeditada y corregida en 2015.

16 Estos informes de situación se venían elaborando a partir de una Resolución del Consejo de 18 de febrero de 1980 sobre la implementación de un Plan de Acción Comunitario en el área de residuos radiactivos, más la Resolución del Consejo de 15 de junio de 1992 sobre la renovación de dicho Plan.



Arriba, cartel indicativo de la Comisión Europea. Abajo, Pruebas quinquenales de estanqueidad del cajón del reactor en Vandellós I.

de homogeneidad. Llevó a reuniones coordinadas con la OCDE-NEA y el OIEA con vicisitudes que merecerían contarse en capítulo aparte. El análisis de WG2 quedó recogido en un documento de 2020 que aún no ha sido aprobado por ENSREG¹⁷.

WG2 también trabaja en la coordinación de las revisiones internacionales inter pares del artículo 14(3) de la Directiva. Como es sabido, las revisiones ARTEMIS, diseñadas por el OIEA (que al diseñarlas había colaborado estrechamente con la Comisión), fueron el instrumento elegido en la práctica para dar cumplimiento a la Directiva. Por otro lado, la Directiva de Seguridad Nuclear en su enmienda de 2014 también exige que se realicen revisiones internacionales periódicas, tanto genéricas como temáticas -las genéricas a través del servicio IRRS-. Considerando esta doble obligación, algunos Estados, entre los que España fue pionera, consideraron las ventajas de celebrar en una sola misión combinada las revisiones de homólogos necesarias para dar cumplimiento a ambas Directivas. Y ahí se ha activado ENSREG en dos de sus grupos de trabajo para discutir con el OIEA la mejor forma de coordinar ambos tipos de misiones.

Entre los aspectos que está examinando WG2 relacionados con la Directiva de residuos también se encuentran los "principales indicadores de resultados" que han de formar parte del programa nacional (art. 12.1g de la Directiva). Las conclusiones provisionales de WG2 se publicaron en octubre de 2020¹⁸ y no de-

17 *Proposal for final draft for ENSREG technical position concerning the radioactive waste and spent fuel inventories reporting under Directive 2011/70/Euratom*, ENSREG WG2, octubre de 2020.

18 *Progress towards implementation of national programmes and KPIs. Interim technical position* - ENSREG WG2; octubre de 2020, HLG-r(2020-41)_508 ENSREG WG2 Interim Report on KPIs



bieron de coincidir con las expectativas de la Comisión, que encargó un estudio sobre esta misma cuestión, recientemente publicado¹⁹.

Asimismo, WG2 está prestando atención específica a la gestión de residuos generados en aplicaciones médicas. También se está realizando un estudio sobre las condiciones de licenciamiento del desmantelamiento en los Estados miembros.

19 *Study on key performance indicators for monitoring implementation of national programmes on safe and long-term management of spent fuel and radioactive waste*; julio de 2022, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/41631ae8-0708-11ed-acce-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-261756268>



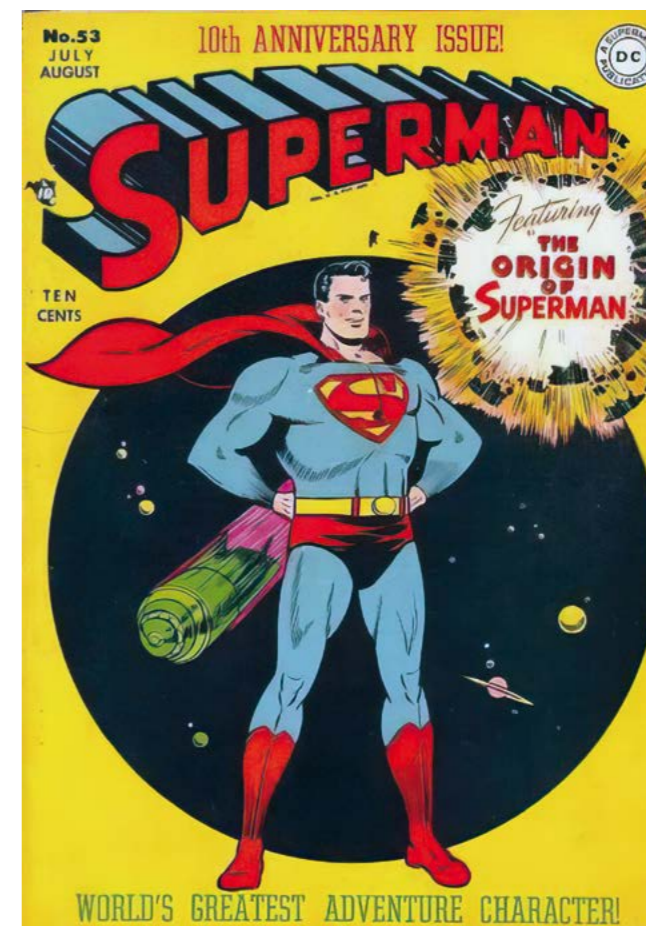
SÚPER HÉROES ATÓMICOS

El poder del átomo irradió la cultura popular, engendrando seres extraordinarios. Muchos de estos personajes ficticios eran mutantes cuya naturaleza las radiaciones alteraron. Al principio se trataba de monstruos, la encarnación de los efectos adversos de la energía nuclear; pero en los años 60 aparecieron en el cine y en el cómic superhéroes con poderes sobrehumanos nacidos de la exposición a rayos y sustancias radiactivas. El Hombre Araña, el Increíble Hulk y los Cuatro Fantásticos exhiben la ambivalencia que las radiaciones tienen para la imaginación colectiva. Desde entonces, los todopoderosos mutantes, junto con zombis, alienígenas y vampiros, forman parte esencial de la ficción contemporánea.

TEXTO: PABLO FRANCESCUTTI

La Era Nuclear fue inaugurada por el estallido de una bomba en el desierto de Nuevo México, el 16 de julio de 1945. Uno de los primeros personajes de ficción en acusar su impacto fue el superhéroe más antiguo, Superman. En 1949, sus creadores introdujeron en sus relatos una rara sustancia, la kriptonita. Procedente de Kriptón, el planeta natal del Hombre de Acero, poseía la propiedad de debilitarlo, por lo que de inmediato fue codiciada por todos sus archienemigos. En el ficticio mineral se condensaba la letalidad del uranio y el plutonio, elementos que tenían fascinada a la humanidad de posguerra.

Aquel primer contacto de un superhéroe con la energía del átomo no modificó su naturaleza, pues su efecto era equiparable al de un veneno. Hasta ese momento, los poderes de los personajes de ficción no tenían que ver con la radiactividad. Superman debía los suyos a su origen alienígena; Flash, el relámpago humano, a la ingesta de extraños compuestos químicos; Captain Marvel (alias Shazam), a las artes mágicas; la Mujer Maravilla, a un don de los dioses; y Batman, finalmente, carecía sencillamente de superpoderes: sus destrezas eran el resultado de un arduo entrenamiento



Número 53 del comic de Superman, el hombre de acero. Kriptonita para fans de Superman, expuesta en la biblioteca pública de Cleveland.



unido a una voluntad justiciera originada en un trauma infantil; el asesinato de sus padres.

La índole de los superhéroes cambiaría radicalmente a partir de la

Era Nuclear, y, más concretamente, cuando se difundió públicamente la facultad de las radiaciones para inducir mutaciones en los seres vivos, tanto en un sentido positivo como negativo.

Mutaciones: historia de un concepto

El concepto de mutación biológica lo acuñó en 1869 Wilhelm Heinrich Waagen. El paleontólogo alemán especuló que las pequeñas mutaciones que daban lugar a nuevas especies orientaban la evolución. La genética estaba en pañales, y por mutación se entendían “alteraciones constantes y morfológicamente reconocibles” en los organismos que se sucedían en el tiempo. En las primeras décadas del siglo XX, el concepto adquirió su acepción actual: una alteración en la secuencia de los nucleótidos del ADN.

Inicialmente se pensaba que el material hereditario estaba encerrado en una molécula bastante estable. Poco a poco, se aceptó que las mutaciones genéticas constituyen uno de los motores de la evolución, y se distinguieron las adaptativas (buenas) de las no adaptativas (malas). El genetista Hermann Müller sostuvo que la mayoría eran dañinas; su colega Theodosius Dobzhansky, que eran responsables de la diversidad genética. Hoy, sabemos que son más bien la regla que la excepción. El genetista Craig Venter descubrió en 2016 que un genoma humano contiene 8.579 nuevas variaciones, algunas

asociadas a patologías, otras neutrales y otras que confieren ventajas adaptativas.

En los años 50, a la opinión pública le impresionaban los ensayos de Müller con moscas demostrando que, a más radiación, más mutagénesis. Sobre esta premisa, los daños sufridos por los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki y las personas expuestas a los test de bombas A y H desataron las fantasías. Si por un lado se irradiaban semillas para obtener cultivos más productivos, por el otro la revista *Mechanix Illustrated* se preguntaba si la radiación “puede cambiar nuestra raza” y alertaba que, en caso de guerra atómica, podrían surgir superhombres que subyugarían a la humanidad. Pronto desfilaron por las pantallas de cine mutantes peligrosos como el dinosaurio Godzilla y las hormigas gigantes de *La Humanidad en Peligro* (Gordon Douglas, 1954) —paridos por las pruebas nucleares en el Pacífico y Nevada respectivamente—, o el científico de *La Mosca* (Kurt Neumann, 1958), cuyos genes se mezclan con los de una mosca en un experimento, y se convierte en una quimera de humano con cabeza de insecto.

Los superhéroes existentes (Capitán Marvel, Batman, Superman...)

no supieron cómo manejar el átomo. Las pocas aventuras que trataban las fuerzas liberadas en Almagordo los mostraban lidiando con bombas atómicas, robots con motores nucleares o la kriptonita. Entonces surgió en las revistas de historietas una fauna mutante portadora de un discurso positivo sobre la energía nuclear: el Ratón Atómico (1953), un roedor que adquiere superpoderes después de comer pastillas de uranio 235; el Conejo Atómico (1955), que obtiene los suyos tras roer una zanahoria radiactiva; el gato Átomo (1957), expuesto a los rayos de un reactor nuclear; o la Hormiga Atómica, un personaje de dibujos animados creado en 1965 por la factoría de animación Hanna-Barbera. En estas fábulas se entiende por “atómico” una energía todopoderosa susceptible de utilizarse para el bien.

La alborada de los superhéroes mutantes

Era el preámbulo de lo que iba a venir. El público conocía la capacidad de las radiaciones para modificar la naturaleza profunda de los seres vivos, y esto no pasó inadvertido a los creadores estadounidenses, necesitados de explicaciones realistas de las peculiaridades de sus superhéroes,



Godzilla y las hormigas gigantes de *La Humanidad en Peligro* son dos claros ejemplos de la idea de mutantes radiactivos que ponen en jaque a la humanidad.



En cambio, un niño-robot de la ficción japonesa, Astro Boy dedicaba sus habilidades a vencer a todo tipo de pillos gracias a la fuerza proporcionada por una pila atómica.

y asimismo de renovar su elenco, visto el desgaste de Flash yLinterna Verde. A buen seguro, les influyó un famoso antecedente japonés: Astro Boy. Dotado de super-vista y super-oídos, este niño-robot podía volar y vencer a todo tipo de pillos gracias a la fuerza proporcionada por una pila atómica.

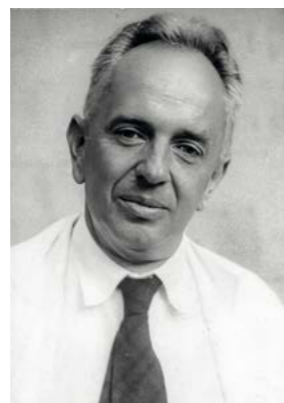
De tal guisa, la radiación se convirtió en la partera de los superhéroes. En los universos de la ficción los cambios celulares provocados por radiaciones incontroladas resultan en facultades extraordinarias. El punto de inflexión lo marcó la presentación en 1961 de los Cuatro Fantásticos por la editorial estadounidense Marvel Comics. La Cosa, el señor Fantástico, la Mujer Invisible y la Antorcha Humana poseían poderes adquiridos al atravesar a bordo de una espacianave una nube de radiación cósmica (el conocimiento de este tipo de partículas databa de 1958, cuando se descubrieron los Cinturones de Van Allen, la capa de protones y electrones de alta energía que envuelve la Tierra).

En 1962, Marvel creó al Hombre Araña. Detrás de este nombre se oculta el joven Peter Parker, quien después de la picadura de una araña radiactiva pudo trepar paredes y techos, y dar saltos gigantes, y resolvió poner sus dones al servicio de la justicia. El mismo año agregó al Increíble Hulk (La Masa, en español), el energúmeno hiper musculado en el que se transformaba el investigador Bruce Banner por causa de los rayos gamma absorbidos mientras armaba una bomba. Atenta al éxito del Hombre Araña y Hulk, el año siguiente la misma editorial introdujo a los X-M: una legión de mu-

tantes con el gen X, que les otorga capacidades fuera del alcance de los humanos normales y hace de ellos una minoría perseguida por ser diferentes.

Las mutaciones podían explicar el origen de los superhéroes, pero ¿bastaban para garantizar un tirón de público duradero? Sus creadores los adornaron con otras cualidades que acrecentaban su atractivo, como su humanidad y sus vicisitudes derivadas de sus grandes poderes (soledad, incompreensión social...). Otro ingrediente clave lo representaba la dualidad de sus personalidades, cuyas oscilacio-

De izquierda a derecha, los genetistas Hermann Müller, Theodosius Dobzhansky y Craig Venter quienes fueron evolucionando las teorías sobre mutaciones genéticas

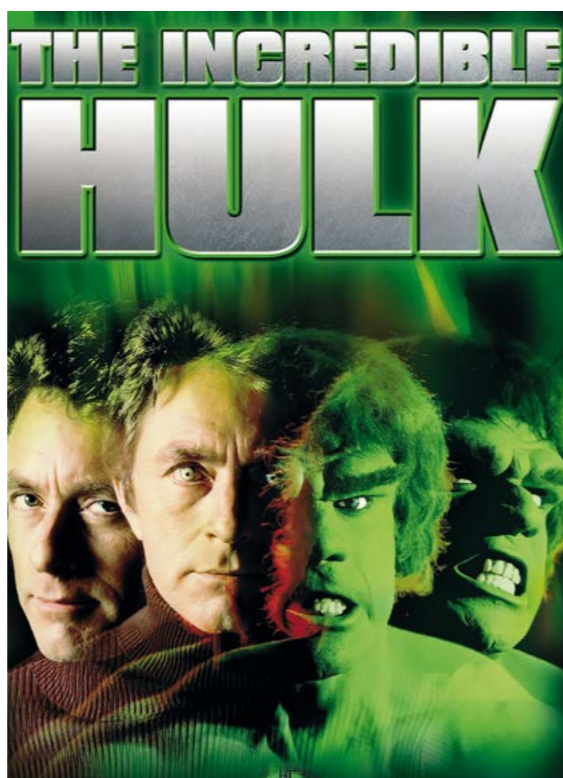


nes entre el bien y el mal reflejan la ambigüedad asociada a la energía nuclear y a la ambición científica desmesurada. Hulk lo expresa sin ambages: a la manera de una bomba atómica, despliega una energía destructiva fuera del control del científico que la había liberado.

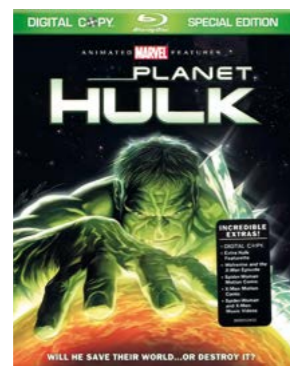
Estos rasgos los diferencian por completo de los héroes de los

años 30, fantasías compensatorias de la impotencia colectiva suscitada por la Gran Depresión; al igual que de los paladines patrióticos aparecidos en los años 40, consagrados a combatir a los enemigos de Estados Unidos, trátase de japoneses, alemanes o soviéticos. Los mutantes, en contraste, son percibidos por los lectores "como símbolos de la lucha

que un ser diferente lleva para sobrevivir. En los cómics se denunciaban problemas como el racismo, la segregación, la homofobia, la xenofobia, donde los gobiernos hacen apuestas políticas de intervención, sin tener en cuenta lo que piensan los ciudadanos", observa Natalia Pedraza, investigadora de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.



En la parte superior, el Hombre Araña, que decidió poner sus dones al servicio de la humanidad. En la parte inferior, carteles de Hulk, el ser en el que se transformaba el investigador Bruce Banner por causa de los rayos gamma.



Un repertorio inagotable

A partir de los '60, las historias de superhéroes se tornan el género más masivo del cómic internacional. Las mutaciones, por su parte, no pierden la simpatía del público: lo corrobora que el rockero Frank Zappa bautizase a su club de fans con el nombre United Mutations bajo el lema: "Sin desviación de la norma, el progreso no es posible".

El siguiente hito en la trayectoria de los mutantes imaginarios lo marcan, en 1984, las Tortugas Ninja. Nacidas en el formato impreso, no tardan en migrar a la pequeña pantalla y triunfar como serie de animación. Repitiendo la fórmula de animales radiactivos de los años 50, aquí tenemos cuatro tortugas caídas al alcantarillado de Nueva York, en donde se impregnan de una sustancia que les infunde atributos humanos. Le sigue *The Watchmen* (1986), la célebre creación de Alan Moore y Gibbons. De sus protagonistas interesa destacar a Doctor Manhattan, cuyo nombre remite a la construcción de la bomba A. En el pasado se llamaba Jon Osterman hasta que un accidente en un "campo intrínseco" lo transfiguró en una entidad cuasidivina.

Llegamos a nuestros días. Los mutantes siguen campando a sus anchas en el cine, la televisión y la historieta; uno de los ejemplos más recientes lo constituye Miss Marvel, la muchacha musulmana que muta por contacto con la "niebla terrígena". Otro tanto ocurre en los videojuegos con sus aventuras de supervivencia, en las que el jugador debe enfrentar a violentas razas posthumanas aparecidas tras holocaustos nucleares.

¿Tienen futuro los superhéroes radiactivos? Ciertamente, no les faltan competidores, a tenor de la

Cartel de las Tortugas Ninja e imagen de Ivan Pintor Iranzo, profesor de Comunicación Audiovisual de la Universidad Pompeu Fabra.



multitud de zombis y vampiros que plagan la ficción contemporánea, por no hablar del regreso de un Batman adaptado a los escépticos tiempos que corren. La ingeniería genética, impregnada de las mismas dualidades adjudicadas a la energía nuclear, aporta una explicación alternativa de los nuevos superhéroes, si bien ambas pueden combinarse, como sucede con el mutágeno viral genéticamente manipulado del videojuego *Fallout*. En cualquier caso, los personajes mutantes no han perdido predicamento; no hay más que fijarse en las readaptaciones filmicas de sus andanzas, la prueba de su capacidad de reinventarse y vehicular las ansiedades de la época.

Los superhéroes continúan siendo un patrimonio prácticamente exclusivo de la cultura de masas

estadounidense; pero gracias a esta han alcanzado una popularidad planetaria. Y es también a ese caldo de cultivo creativo al que debemos la "construcción ético-política de la figura capital como factoría de entretenimiento y de reflexión sobre el cuerpo y la condición humana: el mutante", reflexiona Iván Pintor Iranzo, profesor de Comunicación Audiovisual de la Universidad Pompeu Fabra. En medida parecida a los muertos vivientes, los alienígenas y los vampiros, los personajes definidos por una condición genética singular y accidental nos sirven de espejo distorsionado en el que podemos reconocer nuestra desazón frente a la muerte, lo desconocido y la pérdida de esencia humana en una época de tecnificación imparabla y riesgos de todo calibre.



CONECTADOS

SIGUE A ENRESA EN REDES SOCIALES



INSTAGRAM

ACTUALIDAD

@ENRESAOFICIAL

Imágenes, vídeos y textos sobre nuestra actividad en tan solo un clic

Actualidad y divulgación de las actividades que realizamos de una manera visual y dinámica. Trasladamos la realidad sobre la gestión sobre los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares en España aunando imágenes, vídeos y textos en solo un clic.



CHARLAS CHEC

ENTREVISTAS

ENRESA

Charlas divulgativas con personas que, por su trayectoria, comparten reflexiones sobre nuestra actividad

Realizadas desde el centro de almacenamiento de El Cabril con el objeto de que los entrevistados nos den su opinión sobre el mismo. Podrás verlas en nuestra página web y redes sociales. ¡No te las pierdas!



LINKEDIN

PERFIL PROFESIONAL

ENRESA

Perfil corporativo en la comunidad profesional más conectada de la red

Centrada en contenidos laborales y profesionales. Al ser una red social con objetivos reputacionales, se trata de compartir la misión, los valores, las políticas y la actualidad de los proyectos de la empresa.



FLIKR

FOTOGRAFÍAS

ENRESA

Una galería de fotos que ayuda a entender la actividad de Enresa

Podrás ver imágenes técnicas y representativas de lo que hacemos. Desde preciosas vistas de la naturaleza hasta procesos industriales que detallan, por ejemplo, el desmantelamiento de una central nuclear: para quienes quieren conocer, investigar y descubrir.



YOUTUBE

VÍDEOS CORPORATIVOS

ENRESA

Piezas audiovisuales para acercarte nuestros proyectos de la forma más cómoda y didáctica

Desarrollamos vídeos técnicos y divulgativos donde explicamos nuestros proyectos para que puedas conocernos y visualizar las soluciones que Enresa desarrolla.



TWITTER

NOTICIAS Y NOVEDADES

@ENRESA

El pulso a la actualidad de Enresa a golpe de 'tuit'

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

SUSCRIPCIÓN

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



Si desea suscribirse gratuitamente a Estratos envíenos un e-mail a registro@enresa.es con los siguientes datos: nombre y apellidos, calle, domicilio, población, código postal, provincia, país y correo electrónico. Le enviaremos la revista a la dirección aportada. También puede consultar todos los números de Estratos en www.enresa.es

De conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, consiento que mis datos sean incorporados a un fichero que será tratado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E. (Enresa), con CIF A78056124, con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos. La base jurídica del tratamiento de los datos del interesado es el consentimiento prestado por Ud. al remitirnos sus datos en su solicitud de suscripción. Sus datos se conservarán mientras Ud. desee recibir nuestra publicación y no nos comunique lo contrario, y siempre durante los plazos de prescripción previstos para las medidas que resultasen de aplicación. Le informamos de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación y oposición mediante solicitud dirigida a Enresa acompañada de copia de documento oficial que le identifique, bien por escrito en el domicilio calle Emilio Vargas, nº 7, 28043 Madrid, o bien mediante mensaje a la dirección de correo electrónico registro@enresa.es. Le informamos igualmente que en cualquier momento Ud. podrá retirar el consentimiento prestado por medio del procedimiento anteriormente especificado, así como ejercer su derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control, Agencia Española de Protección de Datos (www.aepd.es).



ESTRATOS



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



www.enresa.es