



Manuel Patarroyo,
inmunólogo:
"Acabar con
la malaria es
un imposible
biológico"



Enusa gestiona,
desde la mina al
reactor, la primera
parte del ciclo
del combustible
nuclear

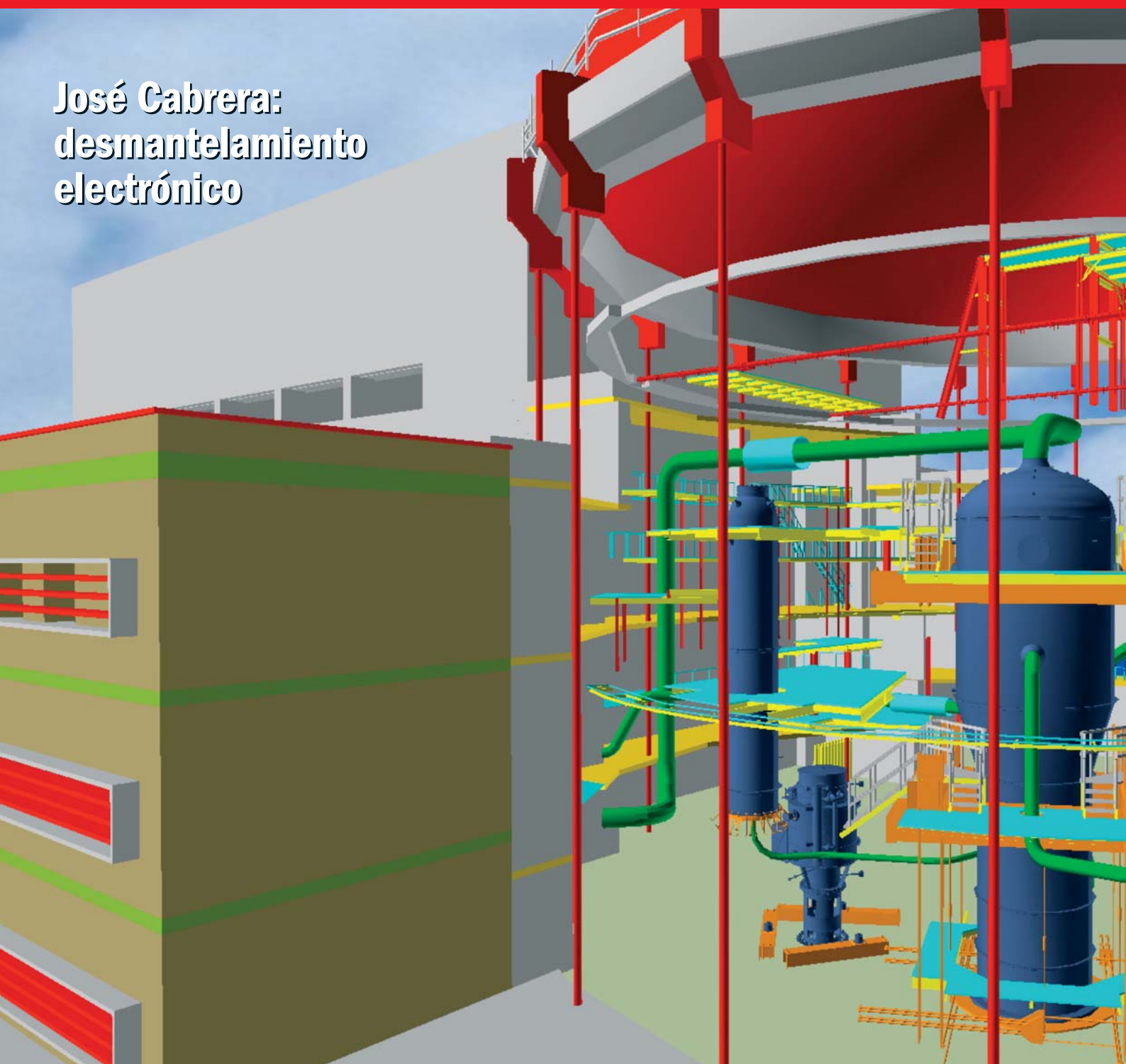


¿Fórmula verde?
Las escuderías
quieren que la
fórmula 1 sea
un deporte más
ecológico

estratos

**Empresa
Nacional
de Residuos
Radiactivos
N.º 99
Verano 2011**

José Cabrera:
desmantelamiento
electrónico



••••• Una apuesta segura
en ingeniería nuclear.



www.iberdrolaingenieria.com

División de Generación Nuclear

Telf.: +34 91 383 31 80

Fax: +34 91 767 53 89



IBERDROLA

Ingeniería y Construcción

Memoria de un año



EN EL MES DE JUNIO SE CELEBRÓ LA Junta General de Accionistas de Enresa, en la que se presentó el Informe Anual de la empresa correspondiente a 2010, año en el que, además de celebrarse los veinticinco de la empresa, se produjeron importantes avances en proyectos fundamentales para dos de las misiones de esta empresa pública: la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares. Un trabajo que ha contado en todo momento con el apoyo de los dos accionistas de la empresa: el Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) y la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI).

En la gestión de los residuos radiactivos, el Gobierno puso en marcha el proceso de presentación de candidaturas para acoger el Almacén Temporal Centralizado (ATC) destinado al combustible gastado de las centrales nucleares y su centro tecnológico asociado. Cuando finalmente se seleccione el emplazamiento entre los ocho municipios que optan a albergar esta instalación, se iniciarán las obras de un proyecto que aportará grandes ventajas a nuestro país, tanto estratégicas como de desarrollo económico, empezando porque minimizará el número de instalaciones de almacenamiento y maximizará la seguridad al centralizar los residuos en un único lugar.

En el informe del ejercicio de 2010 de Enresa queda reflejada también la puesta en marcha, en el mes de febrero, del primer desmantelamiento total que se realizará en España, con el inicio de las operaciones en la central nuclear José Cabrera, en Almonacid de Zorita (Guadalajara). Esta empresa pública afrontó con este proyecto un nuevo reto tecnológico y organizativo para el que sus técnicos se prepararon con mucha antelación y se formaron en el empleo de las tecnologías más avanzadas en este campo. La experiencia de la empresa en otros desmantelamientos, y los programas de investigación desarrollados en el Centro Tecnológico Mestral, han permitido asumir este proyecto con total solvencia, tal y como demuestra la evolución experimentada en este primer año de trabajos.

De la actividad en el almacén centralizado de El Cabril, así como sobre otros proyectos de la empresa, se ha ido in-

formando en los sucesivos números de *Estratos*. En el centro de almacenamiento de la cordobesa Sierra Albarrana, la renovación tecnológica, con la puesta en marcha de la nueva sala de control, fue la seña de identidad del pasado ejercicio.

Por otra parte, el Fondo para la Financiación de Actividades previstas en el Plan General de Residuos Radiactivos alcanzó 2.913 millones de euros a finales del año, con un rendimiento acumulado de la totalidad de las inversiones de un 4,18%, lo que certifica la buena marcha de unos recursos destinados a evitar a las generaciones futuras gastos derivados de la gestión de los residuos que generamos hoy. Es ahora, con la perspectiva del tiempo, cuando valoramos el acierto del Parlamento al decidir crear un fondo económico que alejara la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares españolas de los imponderables derivados de la situación económica de un momento determinado, y que ha sido un modelo adoptado posteriormente por otros países.

Otro aspecto destacable, que fue subrayado en la Junta General, es la importancia del trabajo que hacemos hoy para abordar con garantía el futuro. En este sentido cobran especial relieve las actividades del Plan de I+D, que arrancó en 2010 y se prolongará hasta 2013 y en el que participan cerca de cuarenta organizaciones y más de trescientos investigadores. La puesta a punto de tecnologías y disponer de la infraestructura que permita dar apoyo a la gestión de los residuos son las líneas de trabajo que definen este plan.

Así pues, y como se puso de manifiesto en la Junta General de Accionistas, un año más Enresa ha sabido cumplir con el mandato que hace ya un cuarto de siglo le encomendó la sociedad española de ocuparse de la gestión de los residuos radiactivos y del desmantelamiento de las centrales nucleares. ■

José Alejandro Pina
Presidente de ENRESA

estratos

N^o 99 VERANO 2011

20

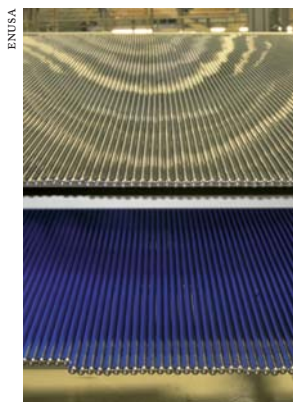
Innovación por un futuro más ecológico

Belén Tobalina

26

Enusa, de la mina al reactor

Ignacio F. Bayo



32

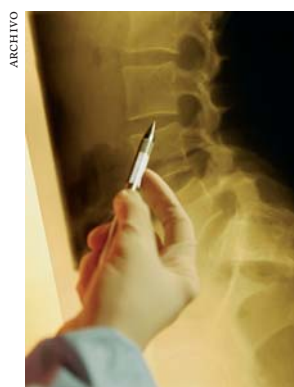
La matemática española salta a la escena internacional

Mónica Salomone

36

¿Es el dolor un error evolutivo?

Manuel Toharia



40

Patentes: la ciencia, motor de la economía

Leticia Arenas



44

Ciudades perdidas... y recuperadas

Pablo Francescutti

48

Cazar al Leviatán

Arantza Prádanos



4 Actualidad

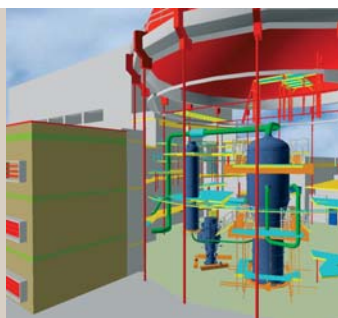
58 AT y C
A tenedor y cuchara

60 Noticias de ciencia
y tecnología

62 Libros

64 Una imagen,
cien palabras

Maqueta virtual de la central nuclear José Cabrera (Enresa)



Presidente: José Alejandro Pina.
Consejo Editorial: José Alejandro Pina, Ester Gómez, Arturo González, Jorge Lang-Lenton, Alejandro Rodríguez, Álvaro Rodríguez Beceiro, Armando Véganzones, Máximo Taranilla, Manuel Toharia y José Pons.
Director: Máximo Taranilla.
Redactor jefe: Jorge Fernández.
Seguimiento: Teresa Palacio.

Redactores y colaboradores: Leticia Arenas, Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Ángel Díaz, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Cristina López-Quero, Roberto Loya, Inmaculada G. Mardones, José María Montero, Manuel Muñoz, Arantza Prádanos, Maruxa Ruiz del Árbol, Mónica Salomone, Belén Tobalina y Jesús Vicenti.

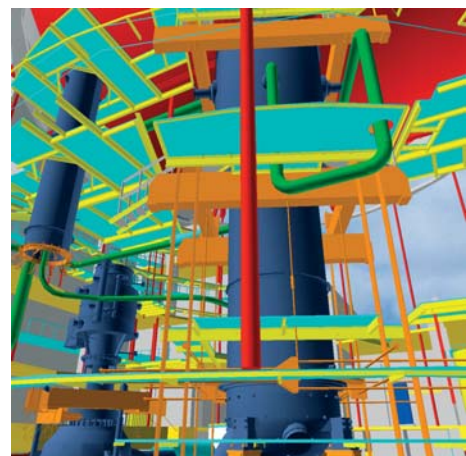
9

Desmantelamiento electrónico

Con el diseño de una maqueta electrónica tridimensional de la central nuclear José Cabrera, Enresa proporciona a los técnicos una herramienta poderosa para optimizar la planificación y el seguimiento de las diferentes secuencias del proyecto de desmantelamiento de la planta. Su contribución a la seguridad y al control del inventario radiológico será también destacada.

Computer dismantling (page 14)

Texto: N. Martín y M. Ondaro



ENRESA

I6

Entrevista al inmunólogo Manuel Patarroyo

El nombre del colombiano Manuel Elkin Patarroyo está asociado a la lucha contra la malaria. La primera vacuna sintética que desarrolló hace veinticinco años solo funcionó en parte. Ahora ha descubierto cómo el patógeno se agarra con unas “manitas” invisibles al glóbulo que quiere infectar. Marcar su “pulgar” y su “índice” para que el organismo lo repela podría ser la clave de la vacuna contra la malaria y contra las otras 516 enfermedades infecciosas que existen.

Texto: Concha Barrigós



JORGE FERNÁNDEZ

52

Fórmula 1, ¿fórmula verde?

Cada temporada, las escuderías que compiten en el campeonato del mundo emiten 215.588 toneladas de CO₂, según reconoce la Federación de Equipos de Fórmula 1. El ruido ensordecedor de las carreras, la necesidad de potentes carburantes y la fabricación de los coches han convertido este deporte en uno de los menos ecológicos. Pero los ingenieros de los bólidos del circo que comanda Bernie Ecclestone se han puesto a trabajar para que, en 2013, la fórmula 1 sea también una “fórmula verde”.

Texto: Maruxa Ruiz del Árbol



GEPA PICTURES / MATHIAS KNIEPEISS

Edita: Enresa, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos.
Redacción: Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid. Tel. 91 566 81 00.
Correo electrónico: registro@enresa.es
Página web: www.enresa.es
Administración: Nieves Sánchez.

Publicidad: Corporación Asesora. Hermosilla, 59. 3º Izq. 28001 Madrid. Tel. 91 432 44 73.
Coordinación y producción: RGB Comunicación. Princesa, 3 dup. 28008 Madrid. Tel. 91 542 79 56.
Diseño y maquetación: CerezoDiseño. Genil, 4. 28002 Madrid. Tel. 91 561 65 14.

Fotomecánica: Cromotex, Valportillo Segunda, 7. 28108. Alcobendas. Tel. 91 121 78 00.
Impresión: Gráficas Caro. Gamonal, 2. Polígono Industrial de Vallecas. Madrid. Tel. 91 777 30 74.
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.

actualidadestratos

Enresa adapta el edificio que albergaba la turbina de José Cabrera como edificio auxiliar de desmantelamiento

El proceso de reconversión del edificio que albergaba la turbina de la central nuclear José Cabrera está a punto de concluir, lo que hará que se convierta en un espacio clave para realizar el desmantelamiento. En efecto, en este lugar se llevará a cabo

el acondicionamiento de los residuos radiactivos de baja y media actividad procedentes de los trabajos en las partes activas de la central.

Durante los últimos meses, se ha realizado el desmontaje de la turbina, así como de otros equipos y sistemas del interior de dicho edificio. A continuación se procedió a la demolición de bancadas, corte de grandes elementos estruc-

turales de hormigón armado y apertura de huecos de forjado, como paso previo a la ejecución de las nuevas estructuras que permitirán realizar en este espacio el acondicionamiento de los residuos que se generen en el desmantelamiento del edificio de contención.

Para facilitar la realización de estas funciones, el edificio auxiliar contará con cabinas de corte y descon-

taminación, zonas de inyección de hormigón y depósitos temporales de contenedores, entre otras áreas.

Los residuos radiactivos procedentes del edificio de contención llegarán a la zona de acondicionamiento a través de un túnel de transferencia que conectará ambas áreas. Los trabajos de desmantelamiento del edificio de contención se iniciarán en el segundo semestre de

Ignacio Ramonet pronunciará la conferencia inaugural

del XIV Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente

El director de la edición española de *Le Monde Diplomatique*, Ignacio Ramonet, inaugurará la XIV edición del Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente, que tendrá lugar en Córdoba del 21 al 23 de septiembre. El evento, organizado por Enresa y la Fundación Efe, estrenó recientemente página web (www.sipma.es), donde pueden consultarse los detalles del programa, los talleres, las actividades paralelas y el formulario de inscripción.

Ramonet, que pronunciará el 21 de septiembre una conferencia titulada *Medio ambiente, globalización y crisis económica*, dará paso a la divulgación científica, donde la Física y la Química se encontrarán en un diálogo con dos importantes exponentes: Manuel Toharia, físico y director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia, y Moncho Núñez, químico y director del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

El día 23, las ponencias correrán a cargo de Miguel Ángel Aguilar, físico y

periodista, que dirigirá una mirada sobre el periodismo ambiental visto desde otras facetas de la información, y Cipriano Marín, coordinador de la iniciativa internacional *Starlight*, quien en una entrevista con el periodista de la televisión valenciana Abel Campos mostrará la luz que ensucia el cielo para abordar la cuestión de la contaminación lumínica.



Máximo Taranilla, de Enresa, y José María Montero, director del Seminario.

En el programa de esta edición, los talleres y las actividades paralelas han ganado terreno. Así, se recupera el cinefórum, que en esta ocasión contará con la presencia de Luis Miguel Domínguez y su documental *Invasores*, y los participantes podrán degustar un almuerzo con productos cedidos por el Comité Andaluz de Agricultura Ecológica.

Esta edición presenta, además, tres opciones de talleres: radio, fotografía y redes sociales, de la mano de Tom Martín, Antonio Sabater y Clemente Álvarez. El almacén centralizado de El Cabril servirá de campo de prácticas para estos talleres el día central del Seminario, además de para acoger, en los viales de la instalación, una exhibición y prueba de vehículos eléctricos de la Asociación Española para la Promoción de Vehículos Eléctricos y No Contaminantes, AVELE.

La inscripción al Seminario ya está abierta, y a través de Twitter (@seminarioSIPMA) se pueden seguir las últimas noticias. ■

este año, con la segmentación de los elementos internos del reactor. ■

El MIT recomienda la gestión centralizada del combustible nuclear

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) publicó el pasado mes de abril un estudio sobre el futuro del combustible nuclear, planteado sobre la base de cuáles son las opciones de ciclo más adecuadas a largo plazo, y cuáles las implicaciones en la toma de decisiones a corto plazo, en un contexto de crecimiento sostenido de la energía nuclear. Entre las conclusiones que se recogen, cabe citar la recomendación del almacenamiento centralizado del combustible gastado y la creación de un organismo con capacidad para el desarrollo de políticas de gestión, recaudación de fondos y coordinación con los productores de residuos.

Para abordar estas cuestiones, el MIT analizó aspectos como los recursos existentes de uranio, el almacenamiento temporal del combustible gastado, la política de gestión de residuos en EE.UU, y las opciones de ciclo y sus impactos en diferentes áreas (infraestructuras, inventarios o no proliferación). También se valoraron los costes descontados de la energía eléctrica de origen nuclear en los tres tipos de ciclo objeto de estudio: ciclo abierto, ciclo cerrado con reciclado de MOX y ciclo global cerrado con reactores rápidos.

Si bien el trabajo se circunscribe al contexto nor-

Enresa celebra su Junta General de Accionistas

La Junta General de Accionistas de Enresa se celebró el pasado 27 de junio en la sede de la empresa en Madrid; en ella se aprobó el Informe Anual y el Informe de Gestión de la empresa relativo al año 2010. El presidente de la compañía, José Alejandro Pina, destacó la importancia que tuvo el pasado

empresa y el rendimiento financiero del Fondo para la financiación de actividades previstas en el Plan General de Residuos Radiactivos, que alcanzó el 4,18%, fueron otros de los aspectos destacados por Pina.

Los dos accionistas de la empresa —el Centro de Investigaciones Energéticas,

Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) y la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI)— también quisieron reconocer la labor desarrollada en el pasado ejercicio. El director general del Ciemat, Cayetano López, expresó el constante apoyo a Enresa de la institución —“de la que es parte consustancial”, dijo— y felicitó a la empresa por su “labor excelente, reconocida incluso por instituciones que en su día tuvieron reticencias”.

En la misma línea se expresó el secretario general de SEPI y del Consejo, Fernando Sequeira, reconociendo el trabajo desarrollado por la empresa y reiterando su constante apoyo.

El acto concluyó con la proyección de un vídeo, resumen de las principales actividades de Enresa en 2010, año en el que el Fondo para la financiación de actividades del Plan General de Residuos Radiactivos alcanzó los 2.913 millones de euros. ■

J. FERNÁNDEZ



Cayetano López, José Alejandro Pina, Santiago Gallego y Fernando Sequeira.

año tanto desde una perspectiva sentimental, ya que la empresa cumplió veinticinco años, como por la evolución de importantes proyectos. En este sentido, Pina destacó que el objetivo del Almacén Temporal Centralizado vivió en 2010 un paso muy importante con la presentación de municipios candidatos. El presidente de Enresa también tuvo palabras para el comienzo del desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera (Guadalajara). El nuevo plan de I+D de la

teamericano, algunas de sus conclusiones pueden aplicarse al contexto europeo y, concretamente, español. Así, se considera que el ciclo abierto, actualmente aplicado en EE.UU., será la opción más viable durante décadas. La consecuencia es que es preciso planificar el almacenamiento temporal de combustible gastado. Para ello, y teniendo en cuenta los procesos de desmantelamiento de instala-

ciones que se deberán acometer en un futuro no lejano, se recomienda llevar a cabo un almacenamiento centralizado por un periodo de cien años.

En este sentido, el MIT recomienda la creación de una organización semigubernamental encargada de desarrollar una política de gestión de residuos y con autoridad para determinar la ubicación de emplazamientos, trabajando en coor-

dinación con los gobiernos y comunidades locales; gestionar los fondos necesarios; negociar con los productores de residuos, y que tenga capacidad de interacción con los organismos reguladores y otros grupos afectados. En sus recomendaciones, el MIT expresa la necesidad de una continuidad en la política de gestión de residuos no sometida a cambios políticos derivados de resultados electorales y manifes-

José Manuel Espejo, un hombre sabio que se desvivía por la precisión

En José Manuel Espejo lo personal y lo profesional se fundían como las aguas de un mismo río, donde destacaba por igual el caudal de la inteligencia y el de la bondad. Siempre con esa ingenuidad del niño que nunca le abandonó. Y sin cambiar de plano, todos conocemos a ese José Manuel Espejo atormentado por la responsabilidad y el dato. Sí, el dato, la cifra, el cálculo, porque su trabajo ha tenido mucho que



José Manuel Espejo.

ver con la planificación estratégica, con la precisión, pero también con la imaginación creativa.

Espejo formó parte durante mucho tiempo de la *intelligentia* colectiva de Enresa. Era como un demiurgo hacedor que, con su equipo, fue capaz desde los mismos inicios de la empresa —cuando no existía nada— de crear los pilares, las bases, la estructura, la estrategia, la filosofía y, por qué no, la poesía de los planes generales de residuos radiactivos. El catecismo que todos los meses de junio se renueva. Al frente de un nutrido grupo de personas de Enresa, fue creando los cimientos de la empresa, siendo legendarios esos días y esas noches eternas de los meses de junio, intentando cerrar, corregir, cuadrar el círculo, para enviar el documento al Minis-

terio. Siempre en fecha, como un milagro.

Como todas las personas sabias, se adornaba para andar entre nosotros con el ropaje de la humildad. Formaba parte del núcleo de la empresa: ese grupo de personas que ha hecho posible, con su trabajo y dedicación, que Enresa sea lo que es: una empresa competente y respetada tanto en el ámbito nacional como internacional, tanto en la esfera de lo público como en el de la empresa pri-

vada y las ingenierías.

Pero siempre dominará en el imaginario colectivo su lado humano, la persona, un ser humano esencialmente bueno, en el sentido machadiano de la palabra bueno. Siempre dispuesto a dar una charla sobre la gestión de los residuos radiactivos a los colectivos y en los sitios más insospechados. Una clase magistral. En su persona y en su inteligencia escondía el secreto de la gestión de los residuos radiactivos. Sus compañeros y los discípulos que dejó, como buen maestro, seguro que continuarán la senda marcada por su estela. ■

José Manuel Espejo Hernández (Madrid, 1952), licenciado en Ciencias Químicas, trabajó en el Ciemat de 1974 a 1985, y a partir de ese año y hasta 2010 fue jefe del Departamento de Planificación de Enresa. Falleció el 15 de mayo de 2011 en Madrid.

ta la conveniencia de mantener un programa de I+D sobre almacenamiento temporal y definitivo.

No es la primera vez que el Instituto Tecnológico de Massachusetts realiza estudios sobre el futuro de diferentes fuentes energéticas. En 2003, publicó un análisis

sobre energía nuclear, revisado en 2009, al que siguieron otro sobre el carbón, en 2007, y un tercero sobre el gas, publicado en 2010. Este nuevo informe puede consultarse en la web del MIT: <http://web.mit.edu/mitei/research/studies/nuclear-fuel-cycle.shtml>. ■

La Universidad de Córdoba galardona la I+D de Enresa en los III Premios a la Transferencia del Conocimiento

El pasado 19 de julio, el Consejo Social de la Universidad de Córdoba (UCO) entregó los III Premios a la Transferencia del Conoci-

miento, en los que Enresa fue galardonada en la modalidad de “Empresa e institución que se distinguen especialmente por contratar investigación y servicios de la UCO”. Desde hace varios años, diversos grupos de investigadores de esta universidad andaluza participan en la puesta a punto de nuevas tecnologías de cara a su aplicación en El Cabril.

El rector de la UCO, José Manuel Roldán, justificó la concesión de este galardón por la estrecha relación que desde hace años existe con esta empresa pública, lo que ha dado lugar a numerosas actuaciones conjuntas, como la cátedra de Medio Ambiente, cursos sobre gestión ambiental y jornadas sobre gestión de residuos radiactivos y valoración de recursos de espacios naturales, así como colaboraciones científicas con centros de investigaciones y desarrollo medioambiental de Sudamérica. Es en este marco de colaboración en el que se encuadran los cinco proyectos científicos, medioambientales y tecnológicos que están actualmente en curso y que, una vez se alcance su puesta a punto, serán de aplicación tanto para el Almacén Centralizado de El Cabril como para otras áreas de la industria. Los programas de I+D de Enresa tienen uno de sus activos principales en los grupos de investigadores de las universidades españolas, entre los cuales destaca la calidad del de la UCO.

Los Premios a la Transferencia del Conocimiento nacieron hace tres años con el objetivo de fortalecer las

relaciones entre la universidad, la sociedad y la empresa, así como para estimular la actividad investigadora, en especial la transferencia del conocimiento al servicio de la calidad de vida y del desarrollo cultural. ■

**Rosa Aguilar presenta
'El Planeta Tierra',
tercer volumen de
la Biblioteca Ben Rosch**

La ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Rosa Aguilar, presidió el 10 de mayo en Córdoba el acto de presentación del libro *El Planeta Tierra*, tercer volumen de la biblioteca de divulgación científica y técnica Ben Rosch. Esta colección, dedicada a la divulgación científica y técnica, está patro-

ENRESA



Presentación de *El Planeta Tierra*, en la que intervino Rosa Aguilar.

cinada por Cajasol y la Fundación Enresa, con el apoyo de la Junta de Andalucía y la Universidad de Córdoba (UCO).

En el acto de presentación, que tuvo lugar en el Rectorado de la Universidad de Córdoba, la titular de Medio Ambiente estuvo

acompañada por el consejero de Educación de la Junta de Andalucía, Francisco Álvarez de la Chica; el rector de la UCO, José Manuel Roldán; el director científico de la colección, Eugenio Domínguez; el director de la División Administrativa de Enresa, Jorge Lang-Len-

ton; y Rosa Santos, como representante de Cajasol-Banca Cívica.

El Planeta Tierra recoge las aportaciones de destacados especialistas en las áreas de la geología y de las distintas ciencias de la naturaleza, para abordar la actualidad de cuestiones como el papel geológico del agua, la biodiversidad, el problema de los residuos, la geosfera o qué son los gases de efecto invernadero y cómo actúan.

Cerró la presentación Joaquín Araújo, comunicador y medioambientalista, que definió la conciencia ecológica como "el respeto a la diversidad para la continuidad de la vida". Araújo explicó en su intervención que la ciencia ha apor-

vocación de servicio

En Cajamurcia, nuestra vocación es la dedicación a nuestros clientes, tanto particulares como empresas.

Escuchamos con atención sus proyectos, ponemos en marcha sus ideas. Somos valientes en la búsqueda de soluciones y en el apoyo a su desarrollo. Y todo ello a través de una gestión sólida y segura, para mañana seguir poniendo a su servicio toda nuestra experiencia y atención.



Enresa recibe el galardón como empresa cordobesa del año

Enresa recibió el pasado 16 de junio el galardón Cordobeses del Año en el apartado de empresas. El director del *Diario Córdoba*, Francisco Luis Córdoba, entregó el premio al presidente de Enresa, José Alejandro Pina, por la trayectoria de la empresa pública en la provincia al frente del almacén centralizado de El Cabril y porque “ha convencido” de que lo que en el inicio suponía una amenaza, hoy se ha convertido en una fuente de empleo y riqueza.

Por su parte, José Alejandro Pina agradeció un reconocimiento que, según sus palabras, implica que la sociedad cordobesa “ha sabido ver más allá del recelo ini-

El alcalde de Córdoba, José Antonio Nieto, abrió el acto de entrega de premios felicitando a los galardonados. Nieto recordó que Enresa llegó a la provincia hace veinticinco años para desarrollar una actividad que “no era fácil”, pero han sido capaces, “con audacia, diálogo, didáctica e investigación”, de ganarse el reconocimiento de todos. “Los que antes no querían que Enresa viniera, ahora no querrían que se fuera”, afirmó.

También tuvo unas palabras para los premiados el presidente de la Junta de Andalucía, José Antonio Griñán, que presidió el acto junto a la ministra de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Rosa Aguilar. Griñán destacó

los veinticinco años de Enresa, a lo largo de los cuales “ha demostrado que es transparente” para que no haya recelos hacia su actividad, “dándose a conocer” a todos aquellos que han mostrado interés.

Para concluir, Rosa Aguilar destacó el esfuerzo y el ejemplo que suponen todos los premiados en sus distintas disciplinas: la Real Academia de Córdoba, institución que fue elegida también Cordobés de los Cordobeses y que cumple este año su

bicentenario; el chef Kisko García, alma del restaurante El Choco; el director de cine de animación y del festival Animacor, Antonio Zurera; Carmen Galán, directora de la Red de Aerobiología de España; y el Cajasur Córdoba fútbol sala femenino. Además de Enresa, los premios del apartado de empresas más sobresalientes recayeron en el grupo Torrero-Torinco y en la diseñadora de moda Ana Torres. ■



Los galardonados con el Premio Cordobeses del Año; entre ellos, José Alejandro Pina (derecha), en representación de Enresa.

cial a la actividad de la empresa”. Además, el presidente de Enresa destacó los veinte años del funcionamiento de El Cabril “sin incidente alguno, ya que nunca hemos bajado la guardia en seguridad”, y explicó que la presencia de la empresa en la provincia no se limita a la gestión de dicha instalación, sino que a través de su Fundación y de su sede en Córdoba ha contribuido al desarrollo de la provincia.

tado el conocimiento de lo más relevante de todo lo que los investigadores vienen haciendo “desde el origen de la propia especie” y que su divulgación ha significado una “democratización de la ciencia”.

La singularidad del proyecto de la Biblioteca Ben Rosch, iniciado en el año 2006 como uno de los más ambiciosos de divulgación científica y tecnológica desarrollados hasta ahora en nuestro país, consiste en

mostrar en una colección de cinco volúmenes los cambios que el conocimiento científico está registrando en los albores del siglo XXI y sus prometedoras perspectivas de desarrollo. ■

Canadá avanza en la gestión de los residuos de baja y media actividad

La Ontario Power Generation (OPG) de Canadá presentó el pasado mes de abril la solicitud de autorización para la construcción de una instalación de almacenamiento definitivo de residuos de media y baja actividad, junto al emplazamiento de la central nuclear de Bruce en el municipio de Kincardine (Ontario). Este proyecto cuenta con el apoyo de los ocho municipios del condado de Bruce. Además de los residuos generados por la central nuclear de Bruce, también se almacenarán aquellos producidos en las centrales de Darlington y de Pickering.

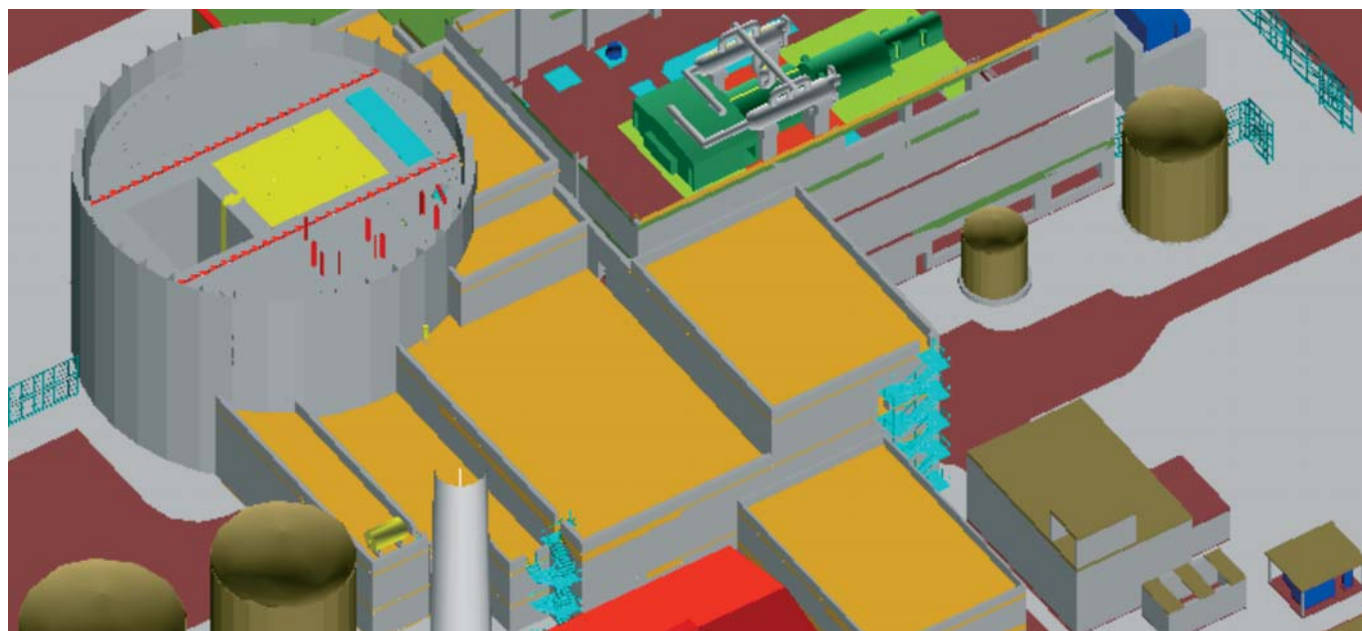
OPG propone la construcción de un almacenamiento, para 200.000 metros cúbicos de residuos de baja y media actividad, a 680 metros de profundidad, en una formación sedimentaria como barrera natural de aislamiento de aquellos. La formación geológica en la que se alojaría la instalación tiene 450 millones de años y ha permanecido estable ante movimientos tectónicos, cambios climáticos y varias glaciaciones.

Está previsto que esta instalación esté operativa en 2018, aunque antes se deberá superar un proceso de licenciamiento. Si bien el licenciatario es OPG, la organización canadiense para la gestión de los residuos nucleares (NWMO, en su acrónimo inglés) será la encargada de elaborar la documentación necesaria y la construcción del centro. ■

Enresa desarrolla una maqueta virtual de la central nuclear José Cabrera como apoyo al proyecto de clausura

Desmantelamiento electrónico

Enresa ha diseñado una maqueta electrónica tridimensional de la central nuclear José Cabrera que proporcionará a los técnicos una herramienta poderosa para optimizar la planificación, el seguimiento y el control de las diferentes secuencias del proyecto de desmantelamiento de la planta. Asociada a una importante base de datos, la maqueta confiere una mayor facilidad y visualización en la realización del desmontaje de sistemas, componentes y edificios, así como un mejor análisis de posibles interferencias, movimientos de cargas y alternativas en las fases de operación. Su contribución a la seguridad y al control del inventario radiológico del proceso será también destacada. ■ POR N. Martín y M. Ondaro, DIRECCIÓN DE OPERACIONES DE ENRESA.



La maqueta virtual de la central José Cabrera ofrece a los ingenieros información detallada y a escala de las instalaciones.

NO HACE MÁS DE TREINTA AÑOS era habitual que cuando los ingenieros, una vez consultados los planos realizados por el gran equipo de proyectistas, necesitaban información dimensional y espacial en

el diseño de proyectos complejos, recurrieran a grandes maquetas a escala de las instalaciones, que contenían estructuras, tuberías y equipamientos de una asombrosa semejanza con la realidad. En ellas, la mayoría de

los componentes se encontraban ensamblados como si se tratase de un gran Lego multicolor, que modelistas experimentados se encargaban de construir a medida que avanzaba el proyecto.

Los ingenieros utilizaban estos artificios para analizar las interferencias de los nuevos sistemas a instalar o para evaluar los espacios para movimientos de cargas, accesibilidad en el mantenimiento, etcétera.

En la actualidad, la tecnología informática nos permite adelantarnos y tener una vista preliminar de los proyectos más amplia y objetiva. Hoy es posible construir entornos tridimensionales con una similitud extraordinaria a como serán las obras.

Los proyectos pueden visualizarse desde cualquier punto de vista, rotándolos, eliminando y colocando objetos, navegando por el espacio virtual generado, almacenando animaciones, cambiando texturas, materiales, colores, etcétera. El desarrollo de maquetas 3D no solo ayuda a la visualización y comprensión espacial del problema, sino que permite asociar todos los datos que deseamos vinculados a los elementos que la componen, desde el tipo de material de una tubería o las características de un muro, hasta el procedimiento de mantenimiento de un motor.

Las dos últimas centrales nucleares que se construyeron en España fueron las de Trillo y Vandellós II, que entraron en explotación en el año 1988. Esto significa que ninguna planta nuclear española se diseñó con los sistemas y aplicaciones informáticas de que se dispone hoy día. Es, por tanto, un reto y una ayuda crucial que Enresa haya considerado, desde sus inicios, el empleo de imágenes en 3D en el proyecto de desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera.

En los últimos tiempos, este tipo de maquetas ha demostrado ser una herramienta muy eficaz para el diseño de cualquier instalación, ya sea nuclear o convencional. El diseño de una nueva planta requiere de la participación de múltiples especialidades —obra civil, sistemas eléctricos, mecánicos, ventilación, protección contra incendios, etcétera—, cuyo trabajo simultáneo e intercambio *online* de información, así como

la detección de interferencias y la gestión masiva de datos y documentación se facilita en gran medida con la aplicación de este tipo de herramientas de diseño digital.

Para el proyecto de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, se ha recurrido a la elaboración de una maqueta virtual, dado que para la planificación, ejecución y dimensionamiento de los trabajos a desarrollar se requiere una información detallada de áreas, componentes, sistemas y características específicas de los mismos. La elaboración de esta maqueta tiene también como objetivo recopilar, filtrar y catalogar la información disponible de la instalación que, en muchos casos, no estaba actualizada y se encontraba dispersa.

Necesidades del proyecto de desmantelamiento

Ya en los principios del proyecto de desmantelamiento se realizaron diversas tareas, cuya adecuada interrelación fue y es de especial importancia desde el punto de vista operativo, de recursos, de integración de información, de control y trazabilidad de la misma y de calidad del proyecto. Entre estas tareas cabe destacar:

— La creación de una base de datos de información que contenga y relacione la información de equipos, sistemas, ubicación y características físicas y radiológicas. Esta base de datos debe ser capaz de almacenar y/o enlazar con otros tipos de documentación. El objetivo es asociar a un equipo toda su documentación, incluyendo fotos, planos y especificaciones. Además, la información ha de ser procesada de forma independiente, a fin de realizar cálculos y búsquedas selectivas, así como para elaborar todo tipo de informes y listados.

— La realización del diseño básico de los sistemas e instalaciones requeridos para el desmantelamiento, así como los planes de desmontaje de componentes contaminados o activados. Estas actividades implican, en unos casos, la



Maqueta de la central nuclear Vandellós I.

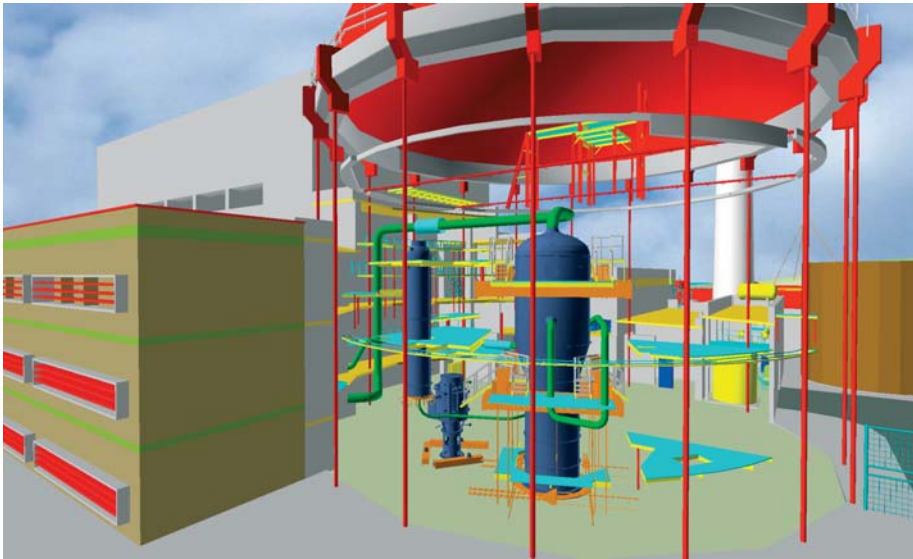
construcción y montaje de nuevos sistemas e instalaciones y, en otros, el desmontaje, traslado y almacenamiento transitorio de materiales que, en ocasiones, pueden implicar un riesgo radiológico, de irradiación y/o de contaminación.

— La elaboración de los planes de gestión de materiales, tanto convencionales como de residuos radiactivos, estableciendo rutas de movimiento en la instalación que contemplen los riesgos de su manejo, traslado y almacenamiento. Además, estos materiales deben estar en todo momento inventariados y localizados. Hay que saber si se encuentran pendientes de ser desmantelados, si están en tránsito a otros destinos intermedios o si se encuentran almacenados en espera de ser expedidos a su destino definitivo.

Ventajas y usos de una maqueta 3D

Como apoyo a esta base de datos, se consideró la realización de un modelo tridimensional de la central nuclear José Cabrera que recogiera la cartografía detallada del emplazamiento, con una extensión de unos 1.800.000 m² (aproximadamente 2 km x 1 km). En esta área se han modelado más de veinticinco edificios, de los cuales los más importantes (contención, auxiliar, turbina, evaporador, ATI y otros) están representados con gran detalle y realismo,

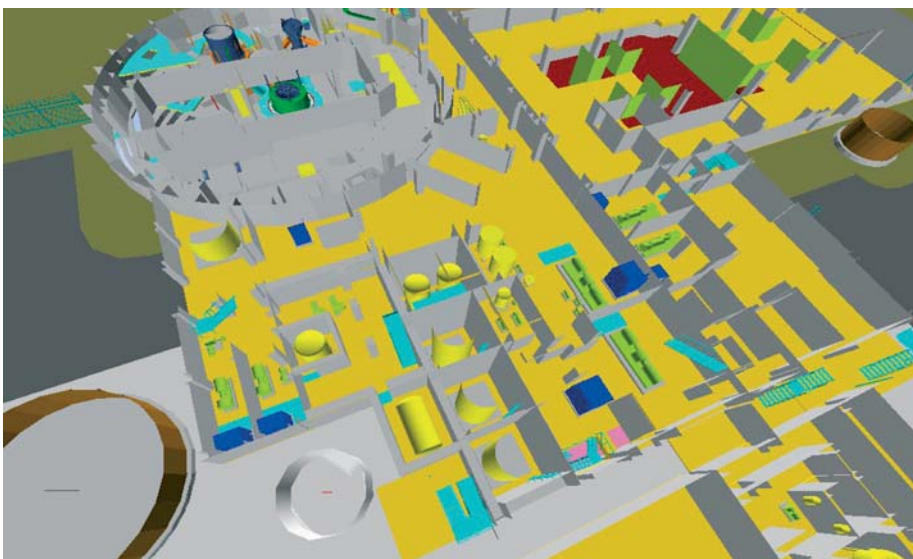
ENRESA



ENRESA



ENRESA



Diferentes imágenes de la maqueta en 3D de la central nuclear José Cabrera. De arriba abajo, vista general del interior del edificio de contención; un detalle del interior de este edificio, e interior de los edificios de contención, auxiliar y turbina.

mostrando todos los elementos de obra civil en un conjunto de unos 1.500 parámetros. También se reprodujeron los componentes principales de los diferentes sistemas ubicados en estos edificios (bombas, válvulas, tuberías, tanques, etcétera), llegando a sumar unos 4.500 elementos.

Se diseñaron modelos especiales para el conjunto del circuito primario, pudiéndose descomponer la vasija del reactor y los internos en unos 2.000 elementos; el generador de vapor, en unos 300; la bomba principal, en 600, y la piscina de combustible gastado, en unos 1.500. Adicionalmente, la base de datos del inventario radiológico recoge un total de 230.000 registros asociados a los componentes y parámetros mencionados.

La opción de realizar una maqueta 3D presenta ventajas frente a la solución basada en la documentación 2D. Las ventajas más importantes son:

- Toda la información disponible sobre el diseño de la instalación se integra en una única base documental e infográfica de diseño constructivo.

- Se tiene la capacidad de generar, de una manera más flexible, todo tipo de planos actualizados y adaptados a las necesidades del proyecto, lo que presenta ventajas en todas las fases de este.

- Sobre el modelo 3D se facilita la planificación y optimización de la toma de datos en todas las fases del proyecto, sobre todo en las zonas con riesgos radiológicos significativos.

- Sirve de base de partida para la realización del diseño básico de nuevos sistemas e instalaciones (almacenes de residuos, instalaciones de acondicionamiento de residuos, talleres, controles de acceso, locales de medición, etcétera) requeridos para el desmantelamiento o modificación de los actuales, de forma integrada con el diseño existente de la planta.

- Permite detectar interferencias interdisciplinares en los nuevos diseños, así como entre los nuevos sistemas e instalaciones y los ya existentes.

— En la realización de los planes de desmontaje de sistemas, componentes y edificios, confiere mayor facilidad y visualización, así como mejor capacidad de análisis de interferencias, movimiento de cargas y alternativas en las secuencias de desmontaje.

— Permite simular el desmontaje y acondicionamiento de grandes componentes, por sus implicaciones en las dosis operacionales y en el cumplimiento de los requisitos de aceptación de residuos radiactivos y de transporte.

— Reduce los tiempos de los trabajadores en la zona controlada y minimiza las dosis recibidas, ya que facilita la planificación de los trabajos, evitando posibles interferencias entre componentes.

— Simula escenarios concretos de trabajo, con herramientas, personal, medios de protección individual y colectiva, etcétera, que sirven para establecer secuencias de actuación, así como elaborar alternativas técnicas y de herramientas a utilizar.

— Diseña rutas de movimiento de materiales y su almacenamiento.

Herramientas para el diseño

Para la puesta en marcha de este proyecto, Enresa examinó los diferentes *softwares*, evaluando e identificando aquellos paquetes de diseño de instalaciones que pudieran encajar en el esquema de ejecución y desarrollo del proyecto.

La opción 3D seleccionada fue un *software* comercial, compatible con el manejo de información interna y capacidad de integración con información externa (MS Access, SQL Server, MS Word, MS Internet Explorer, entre otros), lo que presenta ventajas adicionales. Es un paquete de diseño de plantas orientado a objetos, con módulos habituales en este tipo de herramientas —P&D, tuberías, HVAC, isométricos, estructuras, bandejas, eléctrico e instrumentación, etcétera—, y con las funcionalidades habituales, pero que no está restringido a una única plataforma de base de datos o de CAD.

Este *software* permite manejar, de forma sencilla e integrada, información



Trabajos de corte en el desmantelamiento de la central.

externa a la maqueta, gestionando de forma única toda la documentación del proyecto (documentos, planos, fotos digitales, cálculos, etcétera).

Con ello, por una parte, se consigue integrar la base de datos con la maqueta 3D, permitiendo que, al navegar por los elementos gráficos de la misma, se tenga acceso a la documentación de la base de datos. Además, facilita la simulación del llenado y vaciado de almacenes según proceda, y relacionarlo con la base de datos del Sistema de Gestión de Residuos de Enresa.

En la maqueta, además, se pueden realizar proyecciones de futuro, consultar sus tablas o almacenar información que pueda servir de ayuda en el desmantelamiento de otras instalaciones de similares características. Cuenta, complementariamente, con un motor de navegación en 3D, que permite integrar geometrías, manejar la maqueta electrónica, detectar interferencias y ejecutar simulaciones de las etapas de desmantelamiento.

Aplicaciones prácticas

Durante el segundo semestre de este año, según lo previsto en el programa de obra, Enresa acometerá los principales trabajos de relevancia radiológi-

ca en la central, entre los que se encuentran la segmentación de los internos de la vasija del reactor y los desmontajes radiológicos de sistemas y grandes componentes. Para la planificación de estos trabajos, la herramienta 3D ha resultado de gran utilidad.

■ Segmentación de internos

Estos trabajos, por su significancia radiológica y su peso en el proyecto, deben estar planificados inicialmente con todo detalle y rigor. Los materiales, fundamentalmente provenientes del corte de los internos superiores e inferiores de la vasija del reactor, se deberán almacenar en cuatro contenedores que completarán la ocupación actual del ATI de la central.

La segmentación se hará según un plan establecido y utilizando técnicas de corte en frío con herramientas especialmente diseñadas. Todas estas actividades se ejecutarán bajo agua para minimizar los riesgos radiológicos de contaminación e irradiación. En la planificación de los trabajos es vital establecer el número exacto de cortes a realizar y el tamaño de las piezas resultantes, puesto que de ello depende poder encajar las piezas, como si de un *tetris* se tratase, en los cuatro contene-

ENRESA



Zona de tuberías en fase de desmantelamiento.

ENRESA



Medidor de bajo fondo box counter, empleado en el desmantelamiento.

dores, maximizando la ocupación del volumen existente.

La maqueta 3D va a permitir, entre otras cuestiones, conocer el tamaño exacto de las piezas, su peso, su volumen, poder establecer la secuencia óptima de carga en los contenedores y conocer el contenido radiológico. Una buena ejecución del plan de carga permitirá ahorros significativos

para el proyecto en tiempo, costes o dosis recibidas.

■ Operación del Edificio auxiliar de desmantelamiento

Durante este año se pondrá en servicio el Edificio auxiliar de desmantelamiento, antiguo edificio de turbinas. En él se procederá, entre otras actividades, a acondicionar los residuos en uni-

dades de manejo —bultos de los tipos CE-2a y CE-2b—, que posteriormente serán enviadas al Almacén Centralizado de El Cabril. Se trata, en su mayoría, de material metálico e irradiado procedente del corte de los elementos de la vasija del reactor, así como de la propia vasija del reactor. Estos materiales son inicialmente segmentados en el edificio de contención y dispuestos en cestas metálicas especiales para su posterior gestión.

En este caso, mediante herramientas 3D, se realizó una optimización en el llenado (reducción de volumen de residuo a almacenar en El Cabril) de los CE-2a / CE-2b con objeto de minimizar su producción. Esta herramienta ha permitido, por un lado, realizar los mapas de carga conociendo los pesos, volúmenes, contenido radiactivo de las piezas resultantes, la secuencia de gestión de unidades de manejo y el estudio de soluciones de blindaje adicionales, así como el control de todas las operaciones desde un puesto de vigilancia específico. Por otro lado, se ejecutarán las tareas en un menor tiempo, pudiendo optimizar secuencias de otros trabajos de desmontaje a realizar en el mismo edificio de contención.

■ Comunicación y divulgación

La información y divulgación de todas las actividades relevantes que se ejecutan durante el desmantelamiento es uno de los compromisos de Enresa para con la sociedad. En este sentido, esta herramienta será de gran ayuda para la transmisión y explicación del proyecto de desmantelamiento a los diversos colectivos interesados en conocerlo. La posibilidad de realizar presentaciones, visualización de espacios, elaboración de planos, diagramas, esquemas, imágenes, etcétera, convierte a esta maqueta en una gran aliada a la hora de informar y formar a visitas técnicas, periodistas, escolares, vecinos y cualquier otro colectivo que hasta allí se acerque. Y, además, con la posibilidad de elaborar información y contenidos a la carta y para el nivel del público receptor. ■

Enresa is developing a virtual model of the José Cabrera nuclear power station to support the closure project

Computer dismantling

Enresa has designed a three-dimensional computer model of the José Cabrera nuclear power station that will provide the technicians with a powerful tool for optimising the planning, monitoring and control of the various sequences in the plant dismantling project. The model, which will be associated with a large database, will facilitate the dismantling of the systems com-

ponents and buildings as well as making it easier to visualise. The model will also allow improved analysis of possible interferences, movements of loads and alternatives in the operating phases. Its contribution to safety and to the control of the radiological inventory of the process will also be highlighted.

■ BY N. Martín and M. Ondaro, ENRESA OPERATIONS MANAGEMENT.

It is not more than thirty years since it was usual for engineers, once they had consulted the drawings produced by the large design team and when dimensional and spatial information was required for the design of complex projects, to resort to large models at the scale of the installations, these models would contain structures, pipes, and equipment with an amazing resemblance to reality. In these models, the majority of the components were assembled like a large multicolour Lego construction, which experienced modellers were responsible for building as the project progressed.

The engineers used these tools to analyse interferences with the new systems to be installed or to assess the spaces for movements of loads, accessibility for maintenance, etc.

Now, information technology allows us to move forward and to have a wider and more objective preliminary view of the projects. Today, it is possible to construct three-dimensional environments with an extraordinary similarity to the planned works.

The projects can be visualised from any point of view, rotating it, removing and placing objects, navigating through the generated virtual space, storing animations, changing textures, materials, colours, etc. The development of 3D models not only helps in the display and spatial comprehension of the problem, but it allows us to associate any data to the constituent elements that we wish, from the type of material of a pipe or characteristics of a wall to the maintenance procedure of a motor.

The last 2 nuclear power stations that were built in Spain were Trillo and Vandellós II, which entered into operation in 1988. This means that no Spanish nuclear power station was designed with the systems and computer applications that are available today. The consideration, therefore, of the use of 3D images for the José Cabrera nuclear power station dismantling and closure project has been a challenge and a crucial aid for Enresa since the beginning.

In recent years, these types of models have shown themselves to be very effective tools for the design of any type of installation, whether nuclear or conventional. The design of a new plant requires a participation of numerous specialities: civil works, electrical, mechanical, ventilation, fire prevention systems, etc., whose simultaneous work and online information exchange, in addition to the detection of interferences and the large scale management of data and documentation, is facilitated to a large extent by the application of these types of digital design tools.

A 3D model has been produced for the José Cabrera nuclear power station dismantling project, as the planning, execution and dimensioning of the work to be carried out requires detailed information of the areas, components and systems and on their specific characteristics. The construction of the model also has the aim of compiling, filtering and recording information that is available for the installation but that, in many cases, is not up to date and is dispersed.

Dismantling project requirements

Various tasks have already been carried out at the beginning of the dismantling project, the proper interrelationship of which was and is of special importance from the operating, resources, integration of information, control and traceability and project quality points of view. Notable among these tasks are:

- The creation of an information database that contains and relates information on equipment, systems, location and physical and radiological characteristics. This database must be capable of storing and/or linking with other types of documentation. The purpose is to be able to associate a piece of equipment with all its documentation including photos, drawings and specifications. Furthermore, the information must be able to be processed independently, in order to be able to make selective searches and calculations, as well as being able to prepare all kinds of reports and lists.

- The preparation of the basic design of the systems and installations that are required for the dismantling, as well as the plans for removal of contaminated or activated components. These activities involve, in some cases, the construction and assembly of new systems and installations and, in others, the removal, transport and temporary storage of materials that sometimes can involve a radiological risk from irradiation and/or contamination.

- The preparation of the management plans for materials, both for conventional and radioactive waste, establishing routes for movement in the installation that consider the risks in its handling, transport and storage. Furthermore, there must be an inventory and location for the materials at all times. It must be known if they are waiting to be dismantled, if they are in transit to other intermediate destinations or if they are stored awaiting shipment to their final destination.

Advantages and uses of a 3D model

To support this database, the construction of a three dimensional model of the José Cabrera nuclear power station was considered that would include detailed mapping of the site, which has an area of about 1,800,000 m² (approximately 2 km x 1 km). In this area, more than twenty-five buildings have been modelled, of which the most important (containment, auxiliary, turbine, evaporator, ITS and others) are represented in great detail and realism, showing all the elements of the civil works in a set of some 1500 faces. The main components of the systems located in these buildings were also reproduced (pumps, valves, pipes, tanks, etc.), making a total of some 4500 elements.

Special models were designed for the complete primary circuit assembly, these make it possible to break down the reactor vessel and its internals into some 2000 elements, the steam generator into about 300, the main pump into 600, and the spent fuel pool into some 1500. In addition, the radiological inventory database has a total of 230,000 records associated to the aforementioned components and faces.

The 3D model option has advantages over the solution based on 2D documentation. The main advantages are:

- All the information available on the design of the installation is integrated into a single documentary and infographic database of building design.
- It has the capacity to generate, in a most flexible way, all types of drawings that are updated and adapted to the requirements of the project, which has advantages during all the project phases.
- The planning and optimisation of data collection in all phases of the project is facilitated on the 3D model, particularly in areas with significant radiological risks.
- It serves as a starting point for carrying out the basic design of new systems and installations (waste storage, waste conditioning installations, workshops, access controls, measurement points, etc.) required for the dismantling or modification of the current installations in a way that is integrated with the existing design of the plant.
- It allows interdisciplinary interferences to be detected in the new designs, as well as those between the new systems and installations with those already existing.
- The drawing up of plans for dismantling systems, components and buildings can be carried out and visualised more easily, as well as allowing a greater capability to analyse interferences, movement of loads and alternatives in the dismantling sequences.
- It allows the dismantling and conditioning of large components to be simulated, for their implications on the operational doses and on the compliance to the requirements for the acceptance of radioactive waste and transport.
- It reduces the time that workers must spend in the controlled area and minimises the dose received, as it facilitates the planning of the work, avoiding possible interferences between components.
- It simulates specific work scenarios, with tools, personnel, individual and collective protection measures, etc., which are used to establish sequences of actions, as well as providing technical alternatives and tools to be used.
- It designs movement routes for materials and their storage.

Design tools

For the commencement of this project, Enresa studied the software market assessing and identifying those installation design packages that could encompass the implementation and development scheme of the project.

The 3D option selected was commercial software, compatible with the handling of internal information and capable of integrating with external information (MS Access, SQL Server, MS Word, MS Internet Explorer, etc.), which has additional advantages. It is an object orientated plant design package, with the usual modules found in these types of tools: P&D, pipes, structures, trays, electrical and instrumentation, etc., and with the usual functionalities, but that is not restricted to a single database or CAD platform.

This software allows information that is external to the model to be handled in a simple and integrated way, singly managing all the project documentation (documents, drawings, digital photographs, calculations, etc.).

The software, on the one hand, integrates the database into the 3D model, allowing access to the database documentation on navigating through the graphical elements of the model. Furthermore, it allows the filling and emptying of the stores to be stimulated, as applicable, and to relate it to Enresa's Waste Management System database.

On the model you can, furthermore, carry out future projections, query its tables or store information that could be of assistance in the dismantling of other installations with similar characteristics. Additionally, it has a 3D navigation engine that allows geometries to be integrated, the computer model to be used, interferences to be detected, and to carry out simulations of the dismantling stages.

Practical applications

During the second half of 2011, in accordance with the works schedule, Enresa will undertake the main tasks with radiological relevance in the power station, among which will be the segmentation of the reactor vessel internals and the radiological removal of systems and large components. The 3D tool has been very useful in the planning of this work.

■ Segmentation of internals

This work, due to his radiological significance in the project as well as its weight, must be planned from the beginning with full detail and rigour. The materials, which fundamentally come from cutting the upper and lower internals of the reactor vessel, should be stored in four containers that will complete the current occupation of the power station's ITS.

The segmentation will be carried out in accordance with an established plan and using cold cutting techniques with specially designed tools. All these activities will be carried out under water to minimise the radiological risks of contamination and irradiation. It is vital, during the planning of the work, to establish the exact number of cuts to be carried out and the size of the resulting parts, because on this will depend on whether the parts will be able to fit, jigsaw like, into the four containers, so maximising the occupation of the existing volume.

The 3D model will allow, among other aspects, the exact size of the parts to be known, and their weight and volume, so that the optimum loading sequence in the containers can be established as well as the radiological content. A proper execution of the loading plan will allow significant savings for the project in terms of time, cost and doses received.

■ Operation of the Dismantling Auxiliary Building

During 2011, the Dismantling Auxiliary building will be put into service, the old turbine building. Here, among other activities, the waste will be conditioned in handling units —CE-2a and CE-2b type bundles— that will be subsequently sent to the Centralised Store at El Cabril. This is mainly metal and irradiated material from the cutting of the reactor vessel elements as well as the reactor vessel itself. These materials are initially segmented in the containment building and placed in special metal baskets for their subsequent management.

In this case, by means 3D tools, the filling of the CE-2a/CE-2b containers is optimised (reduction of waste volume to store at El Cabril) with the aim of minimising its production. This tool has allowed, on the one hand, the loading maps to be produced, through knowledge of the weights and volumes; the radioactive content of the resulting parts; the management sequence of the handling units; the study of additional shielding solutions, as well as the control of all the operations from a specific monitoring position. On the other hand, the tasks will be carried out in a shorter time, as the sequences of other removal work in the same containment building can be optimised.

■ Communication and dissemination

The provision and dissemination of information on all the major activities that are carried out during the dismantling is one of Enresa's commitments to society. In this regard, this tool will be of great assistance for conveying information and explaining to the various groups that come to find out about the dismantling project. With options to carry out presentations, visualisation of spaces, preparation of drawings, diagrams, schematics, images, etc., it becomes a great ally when informing and training visiting technicians, journalists, schoolchildren, local inhabitants, and any other group that comes to the plant. And, furthermore, it has the option of providing tailored information and content for the level of the audience. ■



El inmunólogo colombiano Manuel Elkin Patarroyo (Ataco, Tolima, 1946) es el hombre de los números: 33 años de investigaciones, más de 4.000 experimentos, 38.000 moléculas analizadas, 100 doctores formados, 26 doctorados honoris causa obtenidos en todo el mundo... Pero también es hombre de una palabra: malaria. Desarrolló la primera vacuna sintética contra ella hace 25 años, pero no funcionó más que en parte. Ahora, tras un ciclo desesperante de “ensayo y error”, ha descubierto el quid o lo que él llama “el concepto”: el patógeno se agarra con unas “manitas” invisibles al glóbulo que quiere infectar. Ahí es donde hay que atacar. Marcar su “pulgar” y su “índice” para que el sistema inmunológico lo reconozca y repela podría ser no solo la clave de la vacuna contra ese mal, sino contra las otras 516 enfermedades infecciosas que existen. A pesar de todo, cree que la responsable de la muerte de tres millones de niños cada año en países del África subsahariana es “inextinguible”. ■ POR **Concha Barrigós**, PERIODISTA.

Manuel Elkin Patarroyo,
inmunólogo

“Acabar con la malaria es un imposible biológico”

método está casi completo: de cero a mucho más de un 80% de probabilidad. Ese es el significado.

—¿Y el restante 20%?

—Ese 20% de duda es porque quiero curarme en salud, porque siempre sale algo desconocido. Prefiero mantener un margen de seguridad. Lo importante es el concepto. Hemos buscado en el microbio (*Plasmodium falciparum*) los mecanismos con los que se agarra para infectar. Yo, como microbio, me tengo que agarrar a ti y lo hago con las extremidades, con las “manitas”. La base para el desarrollo de las vacunas es que esas “manitas” no las ve el sistema. Por esa razón las tuvimos que volver visibles. Llevamos veintidós años con eso y los últimos catorce buscando cómo resolverlo, identificando los aminoácidos críticos. Es decir, en la prensión de la “manita”, la que hace con su “pulgar” e “índice”, invertirla la polaridad, reemplazar los “deditos” por otros que tuvieran semejanzas pero también cambiarle la polaridad. Es de esa manera como las hemos hecho visibles para que el sistema inmunitario los reconozca.

—Cuando en 2002 se publicó el genoma total del parásito de la malaria, y un año después otro trabajo internacional identificaba 50 extremidades en su estructura, su grupo ya tenía 48 registradas, como si fueran “buscadores de manos”. Sin embargo, hasta 2009 no lograron una respuesta inmunológica adecuada. ¿No les podía el desaliento?

—La ciencia es eso: ensayo y error, ensayo y error... Aunque sea desesperante, es lo que hay que hacer y en lo que hay que perseverar.

—¿Se ha quitado con este descubrimiento la “espinita” del fracaso de la vacuna que presentó en 1986 como la armadura contra la malaria?

—Nunca tuve una “espinita” clavada con la SPf66. Todas las cosas tienen una etapa, pero lo cierto es que no han logrado superarla en veinticinco años. La más adelantada es la de los laboratorios Glaxo. Pedro Alonso —el inmunólogo— tampoco lo ha logrado. Son todo etapas, ahora lo que hay que tratar de construir es una gran muralla, un gran muro.

—¿Cuáles son los plazos para que la nueva vacuna, que usted ha bautizado como Colfavac (*‘Colombian falciparum vaccine’*), sea una realidad?

—Los estudios clínicos con la Colfavac, tras obtener un 90% de eficacia en monos, comenzarán el año que viene, sobre el mes de junio. No depende de mí la velocidad. Hay muchos factores a tener en cuenta desde el punto de vista jurídico, bioético y farmacológico.

—¿Qué le hace falta?

—De momento nos falta medio millón de dólares para tener la patente. Para la primera fase de los estudios clínicos se necesitan de dos a tres millones de dólares. Luego, todo será muy rápido.

—¿Qué sensación le produce que usted necesite medio millón para tener la patente y se pague a algunos futbolistas setenta millones de euros para luego tenerlos sentados en el banquillo?

—Bueno, yo no opino de fútbol. Recibo las cosas de la vida como vienen y para mi orgullo puedo decir que nadie me ha escuchado nunca atacar a nadie ni en los medios ni en los congresos. Allá ellos con su conciencia. Mi camino es otro. Nosotros hemos gastado 40 millones de dólares en 33 años. Hemos creado dos institutos —hace diez años, el BBVA-Banco Gauderío embargó en Colombia el primero—; se ha pagado a toda la plantilla religiosamente, los servicios y la investigación; se ha educado a 1.108 personas, con 30 doc-

—Su descubrimiento ha sido publicado por la revista de referencia en química y una de las siete más importantes en ciencia, *‘Chemical Reviews’*. ¿Qué es lo nuevo ahora?

—Después de 33 años de ir persiguiendo con metodología lógica y racional a los patógenos, creo que en el desarrollo de las vacunas hemos llegado a buen puerto. Hoy en día, basado en nuestro descubrimiento, se podrán desarrollar muchas vacunas, lo que no sé es si para cada una de las enfermedades infecciosas. La historia contra ellas ha sido siempre de ensayo y error; por eso, desde que Pasteur diera en 1884 con la primera vacuna, solo se ha dado con la clave de 15 vacunas para las 517 existentes. Lo que supone esta investigación es un gran salto conceptual porque el

Unas ‘manitas’ salvadoras

Manuel Elkin Patarroyo estaba trabajando en una vacuna contra la tuberculosis en curíes —conejiños de Indias—, pero no conseguía resultados porque aunque eran capaces de resolver el problema químico, no podían con el inmunológico. Decidió cambiar el modelo y orientarse hacia el desarrollo de una vacuna sintética y contra la malaria por varias razones. La malaria es una enfermedad “modélica” porque se desarrolla con patrones de enfermedad aguda, tiene fácil diagnóstico y se cura, en la mayoría de los casos, con tratamiento. Además, tiene un modelo de experimentación propio, el mono *Aotus* del Amazonas, capaz de desarrollar malaria igual que los humanos.

Pero es que, además, Patarroyo estudió en la Rockefeller University con Henry Kunkel, quien, junto a su alumno Gerald Edelman, averiguó la estructura química de los anticuerpos, y al otro lado del pasillo tenía su laboratorio Bruce Merrifield, que hacía lo opuesto, síntesis química de proteínas. A Edelman le dieron el Nobel en 1972 y a Merrifield en 1984.

En las vacunas sintéticas se pueden modificar las moléculas, se pueden producir grandes cantidades, son estables, se mantienen a temperatura ambiente, cada lote es reproducible y, sobre todo, son “baratísimas”.

En la primera vacuna que anunció contra la malaria, la SPf66, Patarroyo trabajó no solo contra el merozoito (el segundo estado del parásito en el organismo humano), sino que incluyó un fragmento del esporozoito (etapa embrionaria).

Al incluir las dos fases, se convirtió en la primera vacuna multiestadio. Sin embargo, tuvo con ella resultados muy diferentes en los países donde se probó a causa, dice, de las variaciones genéticas de la población y otros factores, como la producción o la edad de los vacunados. La Organización Mundial de la Salud (OMS) decidió dejarla inactiva por no lograr una efectividad en humanos superior al 40%.

Entonces le quedó claro que debía frenar en seco y seguir investigando, porque las vacunas imperfectas pueden llegar a incrementar el riesgo de desarrollo de la enfermedad.

Después de muchos años de estudios y de “desesperantes” resultados de efectividad “cero” hallaron la clave, el concepto: para poder desarrollar una vacuna hay que buscar los fragmentos —las “manitas”—, con los cuales los microbios se agarran a las células, y hacerlos visibles al sistema inmunológico. Así desarrollaron la segunda generación de la vacuna, bautizada como Colfavac (*Colombian falciparum vaccine*), que tiene 42 componentes de la malaria sin productos biológicos, es decir, sintéticos. Hubo que establecer con absoluta precisión la estructura química del microbio, sintetizando miles de moléculas en fragmentos de veinte aminoácidos, deteniéndose en esta ocasión, a diferencia de 1986, en seleccionar solo los fragmentos que invadían los glóbulos rojos.

Son principios estructurales e inmunológicos para lograr vacunas sintéticas multiantigénicas y multifásicas, en las

tores entre ellos; hemos hecho 100 másteres y tenemos 325 trabajos publicados y alrededor de 40 pendientes de publicación... Es decir, alrededor del 4% de lo que ha invertido el laboratorio Glaxo para sacar su vacuna, efectiva entre el 8% y el 47%.

—Si no existiera la malaria, ¿existiría otra enfermedad de esas características en el Tercer Mundo?

—La malaria es el resumen de la lucha de los organismos pequeños contra los más complejos; de los unicelulares contra los pluricelulares. Los pequeños necesitan de los grandes para poder sobrevivir, fagocitarlos. Eso será para siempre. La única alternativa es utilizar la inteligencia y mantenerlo bajo control. La malaria es casi imposible de erradicar, porque hay algún mecanismo que no conocemos que hace que una pequeña población sobreviva en un pequeño grupo de seres humanos. Acabar con la malaria es un

imposible biológico y, por esa misma razón, digo que hay que controlarla, reducirla a su mínima expresión. Es una batalla sin fin. En palabras de Betancourt, es

“Los microbios
usan los antibióticos
como postre”

“la marea incesante de la vida”, unas veces avanza y otras retrocede. Mire lo que pasa con los antibióticos: los microbios los usan como postre, se han vuelto completamente resistentes.

—Su anterior vacuna contra la malaria fue retirada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), a la que usted se la había donado en 1993. ¿Qué le pareció?

—Una persona muere de malaria cada

diez segundos, ese es el problema para mí. Su actuación ante la gripe A fue un caso patético en el que quedó patente la serie de intereses creados a su alrededor; por eso, entre otras razones, no les cederé Colfavac.

—Usted ha podido disfrutar del reconocimiento a su trabajo, no solo con premios como el Príncipe de Asturias, en 1994, sino con veintiséis doctorados honoris causa en todo el mundo. El único que tenía más que usted en Hispanoamérica era el escritor español Camilo José Cela. ¿Está orgulloso?

—Muy orgulloso y le agradezco de corazón al mundo que me haya distinguido con esos honores. Es como si te dieran una palmadita en la espalda y te dijeran: “Confiamos en ti”.

—Pero a usted, que se formó profesionalmente, y literalmente, entre dos premios Nobel —Edelman (1972) y Merrifield

que por primera vez se usan átomos del microbio. Para lograr una vacuna universal, habrá que reconocer todos los péptidos implicados según la expresión genética de cada población. La protección contra la malaria significa ausencia total del parásito, aunque algunos estudios sostengan que puede llegar a haber hasta 2.500 parásitos por microlitro después de la vacunación.

Colfavac ha estado financiada inicialmente por el Gobierno colombiano, pero finalmente han sido la Fundación para la Investigación Solidaria de Navarra, la Agencia Española de Cooperación Internacional y la Universidad de Rosario (Bogotá) las que han apostado por esta vacuna.

Un vicepresidente “sin identificar” de una multinacional, recuerda, le ofrecía producir la vacuna de la malaria a 75 dólares la unidad cuando, según sus cálculos, el coste no sobrepasaría los 10 céntimos de euro.

Con su capacidad de convicción, ha logrado que veinticinco “multimillonarios” de varios países creen un consorcio para construir la planta de producción industrial de la que podría ser la defensa más efectiva contra una enfermedad que infecta cada año a quinientos millones de personas en el mundo y provoca la muerte de tres millones de niños, la mayoría de ellos menores de cinco años.

El investigador Manuel Elkin Patarroyo está ya involu-

crado en el desarrollo de una vacuna contra el dengue, por invitación del Gobierno cubano, y de otra, sugerida por el Gobierno brasileño, contra las amigdalitis, de la que ya tienen un prototipo que será ensayado con humanos.

Su descubrimiento no es del agrado de la industria farmacéutica porque, argumenta, “tienen un mercado más grande que el de las petroleras” y un poder inabarcable pero él, aunque barrunta que lo que queda por delante será “difícil”, tiene claro que no tirará la toalla y llegará hasta donde pueda con la seguridad de que su hijo seguirá su estela. ■



Manuel Elkin Patarroyo junto a su hijo, Manuel Alfonso Patarroyo.

(1984)—y parecía tener todas las papeletas con 33 años de investigación a la espalda, parece que la Academia sueca se le resiste...

—Nunca he pensado que me podían dar el Nobel. Lo fundamental no es eso sino ver la solución de los problemas y lo extremadamente humanos que somos. No me pongo a hacer juicios, cada cosa tiene su lugar. Un reconocimiento siempre es muy gratificante, aunque para mí el Príncipe de Asturias es el premio más significativo porque es el más completo. Sin que esto suponga una crítica, hay que recordar que el Nobel se circunscribe a ciencias —Medicina, Física, Química

y Economía—, a la paz y a la literatura. El Asturias es mucho más integral, holístico. Tuve oportunidad de comentar con su alteza el príncipe Felipe y él me decía que es un premio “pequeñito”, y yo le decía que es un galardón que tiene veinticinco años y en ese tiempo no se puede pretender que tenga el mismo reconocimiento, pero lo que sí es cierto es que está muy bien “ranqueado” [jerarquizado en alta posición].

—Con tan buenas relaciones sociales y el reconocimiento público del que goza, ¿se siente usted una rara avis?

—El científico huraño, casposo,

mechudo [desgreñado], cochino, sucio, es un estereotipo de las películas del cine mudo de los años treinta. No somos así, ese es un estereotipo cinematográfico; la gran mayoría somos relativamente jóvenes. Soy antiparadigma, pero debería ser el ejemplo.

—¿Sigue atesorando sus avances en su cuaderno verde?

—Ese cuaderno es la herencia de mi hijo [Manuel Alfonso Patarroyo], que tiene solo 38 años y ya lleva 94 publicaciones mundiales. Es médico, y yo le digo: “Vas como una moto y me vas a sacar del juego” —bromea—. Lo que yo les deje a mis hijos será que he sido respetado y querido, así como mis principios y valores. No soy adinerado sino orgullosísimamente pobre. Creo que puedo describirme como un hombre al que no le importa lo que le cueste hacer las cosas sino hacerlas. Esa es mi misión. ■

La feria Genera presenta una amplia oferta de tecnologías para lograr un mayor ahorro energético

SEBASTIAN MARJANOV

INNOVACIÓN POR UN FUTURO MÁS VERDE

Paneles de pizarra para generar agua caliente sanitaria y calefacción, ventanas termoeléctricas para salvaguardar la estética de edificios históricos, fluorescentes que no parpadean, barcos ‘cero emisiones’ y pirámides solares para recargar vehículos eléctricos son algunas de las propuestas más vanguardistas que se mostraron en la Galería de Innovación de Genera, en Madrid. Pero la lista no acaba ahí. Durante la feria, se presentó el ambicioso borrador del Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 y un sinfín de inventos, como Bicisol, un sistema de alquiler de bicicletas eléctricas que se recargan gracias a la energía del sol y del viento.

■ POR **Belén Tobalina**, PERIODISTA.

LA TECNOLOGÍA Y LA INVESTIGACIÓN son las claves de un futuro más verde. De ahí que la Galería de Innovación de Genera, la Feria Internacional

de Ecología y Medio Ambiente celebra del 11 al 13 de mayo en la Institución Ferial de Madrid (Ifema), se haya convertido en un referente internacional en materia de ahorro energético y

fuentes renovables. Por cuarto año consecutivo, el jurado ha seleccionado las veinticinco propuestas más vanguardistas que marcarán el devenir de esta industria.



THERMOSUN SOLUCIONES



THERMOSUN SOLUCIONES

Una vivienda con la instalación de placas de pizarra de Thermoslate. A la derecha, detalle del sistema de generación de energía.



AYUNTAMIENTO DE MADRID



TEHSA

Pirámide solar instalada en el Parque Juan Carlos I (Madrid) para recargar los vehículos de mantenimiento. Sobre estas líneas, bombilla de Tehsa.

Paneles solares térmicos de pizarra

Varios de los inventos elegidos tratan de dar una solución a los problemas que en la actualidad presenta la gestión energética en edificación. Entre los proyectos seleccionados en este campo destaca el primer panel solar térmico de pizarra natural, desarrollado por Thermosun Soluciones. Los Thermoslate, que es como se llaman estos paneles, permiten producir energía suficiente para generar agua caliente sanitaria y calefacción sin contaminación visual.

Su integración en la cubierta de cualquier edificio no solo resulta idónea, sino que permite, además, mantener el calor de forma constante, sin altibajos, lo que evita que con el tiempo acaben estropeándose por sobrecargas. “Pensamos en la pizarra no solo por ser un material más estético, sino porque es la piedra que permite

mayor inercia térmica”, explica José Antonio Orallo, de Thermosun Soluciones. “La temperatura máxima que alcanza es de 95 °C, suficiente para cubrir las necesidades energéticas de la vivienda”, añade. Además, su instalación resulta más económica que los sistemas actuales, a pesar de que sean necesarios más metros cuadrados de material y, por tanto, una mayor superficie.

Solo para cubrir el 70% de las necesidades de agua caliente, que marca el actual Código Técnico de Edificación, de una vivienda unifamiliar para cinco personas, con una radiación solar media similar a la que se pueda registrar en Madrid, habría que instalar seis paneles de pizarra. En cambio, en el caso de optar por los de vidrio solo serían necesarios dos paneles, por lo que el coste inicial de los Thermoslate sería más

elevado. A la larga, sin embargo, la instalación de la pizarra es más económica, ya que en el caso de los paneles convencionales habría que pagar también por la bandeja de integración y los sistemas *drain-back*, de modo que la inversión final ascendería a unos 2.450 euros de media, 410 euros más caro que los de piedra natural, libres además del mantenimiento anual gracias a su principal ventaja: su inercia térmica. Si, además, se quiere dotar la vivienda de calefacción, y se computan en la suma el coste de los captadores de alta eficiencia, el depósito, el grupo de bombeo, los gastos de instalaciones... la suma se elevaría, superando la barrera de los 6.000 euros en ambos casos. Pero los de pizarra seguirían siendo entre 400 y 500 euros más baratos que los tradicionales.

Bicisol, un punto de recarga para bicis eléctricas

Uno de los inventos presentados en Genera, la Feria Internacional de Ecología y Medio Ambiente, es Bicisol. Compuesto por cuatro paneles solares de 80 vatios (W) de potencia cada uno y un mini-aerogenerador de 400 W, este sistema de alquiler de bicicletas permite a los ciudadanos elegir su vehículo eléctrico según la recarga. Su funcionamiento es tan sencillo como práctico. El peatón, tal y como explicó in situ Ángel Pérez Agromayor, director comercial de Solrie Medio Ambiente, “puede adquirir una bicicleta bien por tarjeta, bien por sms o bien por

huella digital”. Al pasar la tarjeta, por ejemplo, el sistema de anclaje se desengancha, permitiendo extraer la bici seleccionada. El sistema es como tantos otros que empiezan a proliferar en las ciudades españolas, salvo que aquí la energía con la que se mantiene el sistema de anclaje y la recarga de las baterías es renovable. Además, “incorpora dos baterías especiales, un regulador para las placas solares y un cargador de bicicletas en cada punto de anclaje eléctrico”, precisa Agromayor. El único problema es que si el cielo se nubla, el sistema

no puede generar electricidad suficiente para recargar las baterías de las bicicletas, por lo que necesita del viento; y en caso de que no lo hubiera, siempre se podría apoyar en la red convencional.

Los precios de este sistema, que todavía no se ha implantado en ningún ayuntamiento del país, varían. “El coste del anclaje que tiene seis bicis eléctricas y un aerogenerador más las placas está en unos 18.000 euros aproximadamente, y el que tiene una placa solar pequeña para el mantenimiento del sistema, 9.000 euros. Aunque en este último caso sería para bicis convencionales. Bicis incluidas”, añade Agromayor. ■



Las bicicletas eléctricas que ofrece Bicisol se recargan mediante paneles solares y aerogeneradores.

Otro de los proyectos seleccionados en este campo, el que tiene que ver con el agua caliente sanitaria, es el presentado por Agustín Clemente y José María Llorente. Se trata de Agua-On, un dispositivo que permite ahorrar agua y energía con la recirculación eficiente en las instalaciones de agua caliente sin precisar de tubería de retorno.

Ventanas termoelectricas, el T-Thin y una pirámide solar

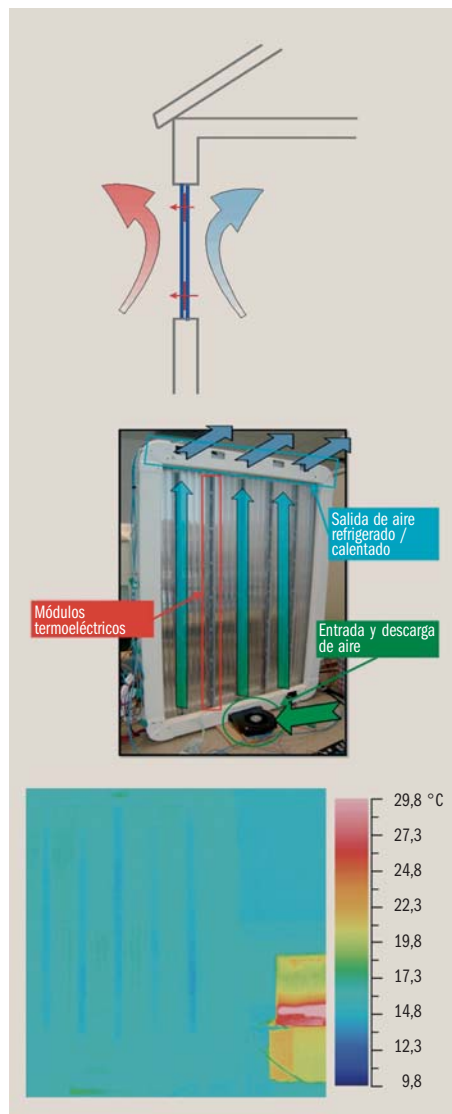
El ahorro, en cambio, no es lo esencial del proyecto Paratec de la Universidad Pontificia de Comillas. Pretende crear un sistema de bombeo de calor que, instalado en las ventanas en sustitución del vidrio, permite lograr la temperatura idónea con una disminución ínfima de la transparencia. Este paramento “tiene elementos Peltier que permiten que el

calor salga o entre en la casa, según sea invierno o verano, mediante su conexión a la red”, explica Ramón Rodríguez, portavoz del proyecto y experto en electrónica de la citada universidad. “La ventana termoelectrica tiene dos ventajas principales. La primera, que no genera fluidos y la segunda, y más importante, que es un sistema de climatización estético, al no requerir equipo de aire acondicionado, lo que la convierte en un invento idóneo para ser instalado en edificios históricos o singulares”, añade.

El fluorescente T-Thin y una pirámide solar

También ha habido un importante hueco en la Galería de Innovación de Genera para la iluminación natural y los acristalamientos que incrementan el ahorro energético y el confort de la vivienda de la mano de Intelliglass y de Lledo España. Asimismo, las aplicaciones domóticas y eficientes como el Sistema Xial de Xial Demotecnología o la optimización lumínica han estado presentes en esta galería. En este apartado, la compañía Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro (más conocida como Tehsa) ha mostrado su fluorescente T-Thin, una alternativa a los fluorescentes tradicionales y a los tubos de LED. Por un lado, elimina los problemas de parpadeo tan molestos y, por otro, ofrece una alta definición cromática con un precio más ajustado. Tiene una vida útil superior a las 55.000 horas (la de los diodos emisores de luz es de 60.000) y una vida media de más de 80.000 horas.

Pero no todas las propuestas de esta Galería de Innovación proceden de las empresas. Las instituciones públicas están tomando un mayor protagonismo en el campo de la eficiencia energética y en un mayor y mejor aprovechamiento de los recursos. Tal es el caso de la plataforma web presentada por la Agencia Municipal de la Energía de Málaga para mejorar la gestión de la eficiencia energética del Ayuntamiento, las instalaciones de saneamiento de aguas residuales en Cataluña o las diferentes propuestas del Ayuntamiento de Gotarrendura, en Ávila, para compatibilizar el desarrollo sostenible con la gestión de los recursos y el turismo.



El sistema de bombeo de calor instalado en las ventanas de Paratec actúa como un aislante.

Y una de las propuestas más curiosas en este sentido es la pirámide solar del Parque Juan Carlos I, que ha presentado la Dirección General de Patrimonio Verde del Ayuntamiento de Madrid, dentro de una serie de medidas de mejora de la eficiencia energética que ha realizado el consistorio en las instalaciones del jardín. “Consta de 1.030 paneles solares fotovoltaicos que permitirán producir 100 kilovatios [kW] al día; es decir, generarán energía suficiente para recargar los 42 vehículos eléctricos que conforman la flota de mantenimiento del enclave”, explica Rosa Montalvo, directora-conservadora del Parque Juan Carlos I.

Otra propuesta singular es el barco de investigación oceanográfica “cero emi-

siones” presentado por la Asociación Desafío Hipatia y en el que colaboran tanto empresas como organismos públicos. Este proyecto echó a andar en 2005 y estaba previsto que en 2007 el barco, cuya estructura era mas pequeña que la actual, diese la vuelta al mundo. Diferentes problemas terminaron retrasando su construcción hasta ahora.

El diseño del barco, que toma el nombre de una matemática cuyo recuerdo está asociado a la Biblioteca de Alejandría —aunque no existe ninguna referencia que la vincule a esta institución—, permitirá su propulsión “mediante un sistema de velas montadas sobre dos mástiles gemelos de treinta metros y un sistema de cometas que se elevarán entre doscientos y mil metros de altura. Y cuando el viento deje de soplar, se utilizarán dos motores/generadores eléctricos de 250 kilovatios y dos hélices que podrán propulsar el barco a una velocidad de crucero de 15 nudos”, explica José María Amo, presidente de la Asociación.

Un barco propulsado por energía eólica

Este barco utilizará energía eólica; un sistema de células solares flexibles adherido a las velas con una producción de 10 kW/h; energía solar térmica obtenida también de los intercambiadores de calor de los motores térmicos y las pilas de combustible, y energía hidráulica. Además, empleará bioetanol, así como baterías de almacenamiento que permitirán guardar la energía producida por estas fuentes, así como el hidrógeno producido por electrólisis. Todo ello permitirá cubrir el 100% de la demanda energética de este barco velero ideado para la navegación polar. Un objetivo que se materializará pronto, puesto que “zarpará a mediados de septiembre de 2013 desde Valencia rumbo a las Islas Canarias para, una vez allí, cruzar el Atlántico en busca de la ciudad de Ushuaia [en Argentina, capital de la provincia de Tierra de Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur]. Desde allí, emprenderá la circunnavegación de la Antártida y después recorrerá el océano Pacífico para llegar al Ártico a través del estrecho de Bering, desde el cual daremos la vuelta



Estand del IDAE en Genera.

El ambicioso borrador del Plan de Energías Renovables 2011-2020

El director general del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Alfonso Beltrán García, presentó durante la celebración de Genera el borrador del Plan de Energías Renovables 2011-2020. Un borrador ambicioso no solo por los objetivos o los costes, sino también por los ahorros que se esperan alcanzar con él. De aprobarse tal y como está hoy, con su batería de noventa medidas, se pretende que las renovables representen el 20,8% del consumo final bruto de energía, en vez del 13,2% actual; que un 11,3% de la energía final consumida en un sector como el transporte sea renovable y que el 39% del consumo bruto de la electricidad sea producido con energías también renovables (cuando en 2010 era entre un 32,3% y un 29,3%).

Para alcanzar estos hitos, “será necesario, según estimamos, invertir 20.000 millones de euros que permitirán ahorrar en combustibles fósiles, crear empleo, generar

menos emisiones de dióxido de carbono... y, por ende, reducir costes del sistema, que serán menores que en 2010”, afirmó Beltrán. En concreto, esa notable inversión permitirá “crear 84.414 puestos de trabajo y generar 33.607 millones de euros de riqueza —al evitar gastar 15.081 millones por importaciones de gas, 6.428 millones de gasóleo, 3.567 millones de ahorro por reducir las emisiones de CO₂ y 87 millones por reducir el consumo de gasolina en transporte—, por lo que el balance total es positivo. Se ahorrarán al final 20.112 millones de euros”, tal y como aseguró Jaume Margarit i Roset, director de Energías Renovables del IDAE. En definitiva, un plan que, a pesar de llegar con un poco de retraso, resulta a todas luces ambicioso. Solo queda ya esperar hasta este verano, cuando está previsto que el Consejo de Ministros lo apruebe. ¡Ojalá sea así!

a los hielos árticos por la zona norte de Rusia, donde el *Hipatia* quedará apretado por el hielo del invierno, momento en el que trabajaremos en proyectos de investigación. Con la llegada del verano, volveremos a Valencia a finales de 2015”, detalla José María Amo.

Y como no podía ser de otro modo, en esta feria de las energías renovables

también ha habido un importante espacio para los proyectos más novedosos en el sector de la energía solar y la eólica. Entre ellos están el vidrio laminado fotovoltaico con forma hexagonal, presentado por el Grupo Unisolar para su integración en edificios o los nuevos sistemas de aerogeneradores de pequeña y mediana potencia de Cantabria, así como

el módulo híbrido solar y eólico Advan-sol, de disipación de energía, captación térmica y protección pasiva.

La lista continúa. La gran ausente, la maremotriz, puesto que ninguna de las veinticinco propuestas tenía que ver con esta fuente. Pero la lista, aun así, prosigue. Fuera de la galería, la feria ofrecía muchas más novedades.



Passion_{for} improvement

Ensa is Spanish Company whose main activities are manufacturing of: Nuclear components, mainly Steam Generators (S.G), Reactor Pressure Vessels (RPV) and RPV heads. Fresh and spent fuel containers, casks, spent fuel pool racks. Components for Research Centres: CERN, NASA, EURATOM, UKAEA, etc. Also: Metallurgy, welding, NDE, decontamination, decommissioning R & D activities. Technology assistance and heat exchangers.

PRODUCT LINES

Nuclear Components

Elements for spent fuel storage and / or transport

Components for research centers and development programs

Technology Services

SERVICES AREA

Plant Maintenance

**Radwaste Treatment-Conditioning and Decommissioning of
nuclear and radioactive installations**

EQUIPOS NUCLEARES S.A.

José Ortega y Gasset 20-5º
28006 Madrid (Spain)

Phone: +34 91 555 36 17

Fax: +34 91 556 31 49

Avda. Juan Carlos I, 8
39600 Maliaño, Cantabria (Spain)

Phone: +34 942 20 01 01

Fax: +34 942 20 01 48

commercial@ensa.es

www.ensa.es

Los elementos combustibles que se utilizan en las centrales nucleares son estructuras de aparente sencillez pero de gran complejidad real, por los elevados requisitos de calidad y precisión que deben cumplir. Además, el uranio, que es la fuente de su energía, debe recorrer un largo y complicado camino desde su extracción en la mina hasta que se introduce en los elementos combustibles. Un proceso que le lleva a recorrer diferentes continentes y países y a pasar por los distintos estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Cuando entra en el reactor de la central nuclear, concluye este periplo, denominado primera parte del ciclo de combustible nuclear, que en España lleva a cabo la empresa pública Enusa. ■

POR Ignacio F. Bayo , DIVULGA / FOTOS: Enusa.



Cómo gestiona Enusa el largo y complejo recorrido de la primera parte del ciclo de combustible nuclear

De la mina al reactor

Barras de combustible nuclear en la fábrica de Enusa en Juzbado (Salamanca), antes de su ensamblaje en los bastidores.

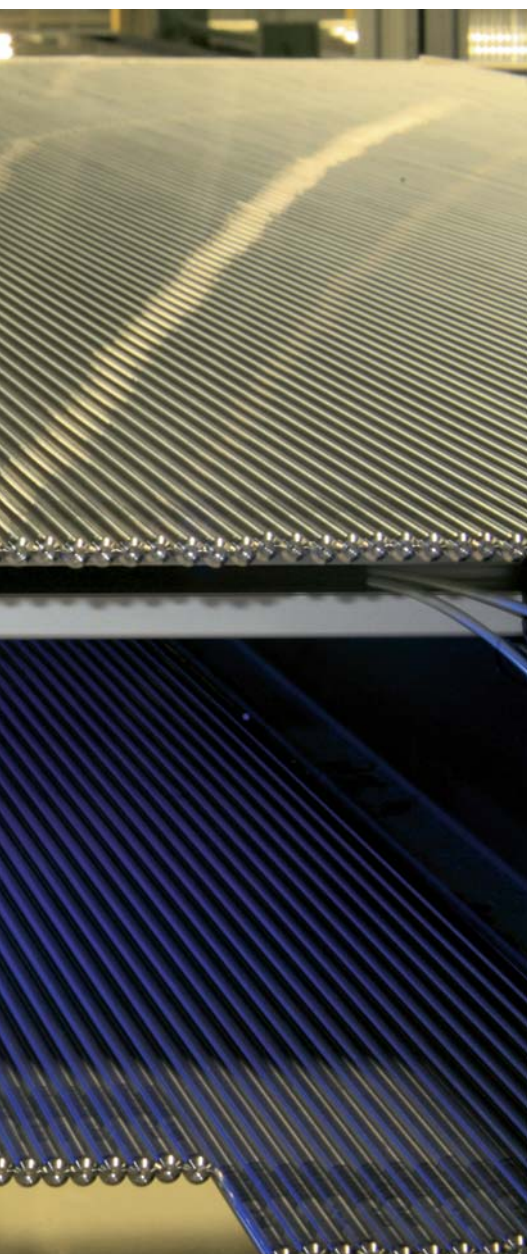
LA DIFERENCIA APENAS ALCANZABA un 0,003%, pero era lo bastante significativa como para despertar sospechas entre los técnicos de la instalación de enriquecimiento de uranio de Eurodif, en Francia. Los recelos dieron lugar a una investigación en toda regla, llevada a cabo por Francis Perrin, físico galo, que produjo un descubrimiento sorprendente: en nuestro planeta ya había centrales nucleares miles de millones de años antes de que el ser humano las reinventara. Una vez más quedó patente que nuestra capacidad de creación se empequeñece confrontada con la desplegada por la naturaleza.

Lo que había hecho sospechar a los científicos era el porcentaje de uranio-235 encontrado en el mineral procedente de la mina de Oklo, en Gabón. Esta cifra suele ser del 0,720% y en el caso de Oklo era del 0,717%; la diferencia podía haberse producido por una reacción de fisión en cadena, tal como ocurre en los reactores de las centrales. Una posibilidad confirmada cuando se encontraron rastros de los productos de fisión que indicaban dichas reacciones. Hoy sabemos que, en determinadas circunstancias, hace unos 2.000 millones de años se produjeron en esa zona africana, de forma intermitente a lo largo de milenios, reacciones de fisión en cadena autosostenidas, en las que actuó como moderador el agua en épocas en las que la mina había permanecido inundada. De hecho, se han hallado trazas de dieciséis de estos sorprendentes reactores.

Todos los elementos necesarios para que se produjera el proceso concurrían allí de forma natural y producían de manera espontánea un fenómeno tan complejo. En el caso de las centrales nucleares “humanas”, el proceso al que se encuentra sometido el uranio para conseguir obtener de él las grandes cantidades de energía que produce es mucho más complicado. No solo en el interior de la central sino también antes y después. Es lo que se denomina “ciclo de combustible”, y arranca en cualquiera de las minas de uranio que hay por todo el mundo.

Al menos medio centenar de países poseen uranio, pero la mayor parte de la explotación se realiza en unos pocos yacimientos que concentran casi todas las reservas. Canadá, Australia y Kazajistán producen el 57% del total mundial y si se incluye a Rusia, Estados Unidos, Namibia, Níger y Uzbekistán, en conjunto generan el 92%, según datos de la Agencia de Energía Nuclear de 2007, año en el que el consumo mundial ascendió a 43.328 toneladas.

Durante varios años, España explotó sus yacimientos de uranio para conseguir la materia prima del combustible nuclear. Además de algunas otras pequeñas explotaciones, la actividad principal se centró en las minas situadas en Saellices el Chico, en la provincia de Salamanca, y La Haba, en Badajoz. En 1972 se creó la Empresa Nacional del Uranio (Enusa), hoy denominada Enusa Industrias Avanzadas, una sociedad pública destinada a llevar a cabo de forma controlada la extracción de esta materia prima estratégica. De hecho, es el único mineral cuya propiedad está reservada al Estado, aunque este permita su explotación en régimen de concesión. Para empezar, Enusa se hizo cargo de la mina Lobo, situada en La Haba, pequeña localidad de la comarca pacense de La Serena, que venía explotándose desde 1966 y se cerró en 1990. Hoy se encuentra completamente clausurada, aunque sometida a vigilancia permanente.



Montaje de los elementos combustibles.



Arriba, *yellow cake*, una masa procedente de someter el uranio a un proceso de lixiviado. A la derecha, el polvo de óxido de uranio convertido en pastillas sólidas.

El uranio español es de muy poca ley

La Mina Fe de Saelices, situada a unos diez kilómetros de Ciudad Rodrigo (Salamanca), inició su explotación a cielo abierto en 1974 y se mantuvo en activo hasta el año 2000, en que cesó en vista del escaso rendimiento de la mina y el bajo precio del uranio. “El mineral que tenemos en España es de muy poca ley, ya que necesitas mover mucho material para obtener una pequeña cantidad, mientras que en Australia y otras zonas la proporción es cientos de veces mayor. Por eso, sale más rentable comprarlo fuera que extraerlo”, dice Carmen Vallejo, responsable de Relaciones Institucionales de Enusa.

Durante el cuarto de siglo que la mina estuvo abierta, en total se removieron 81 millones de toneladas de rocas y la producción acumulada que se extrajo y que se procesó en las dos plantas de tratamiento del mineral fue, según los técnicos de Enusa en Saelices, de 5.750 toneladas de concentrados de uranio. Hoy, Mina Fe se encuentra en proceso de restauración, previo a su clausura.

Sin embargo, las circunstancias han cambiado desde el cierre de la mina. Durante la última década, el precio del uranio ha conocido un notable incremento, especialmente en el año 2007, aunque luego ha amainado. A la vista de la evolución de los mercados, la empresa australiana Berkeley Resources se interesó por la posibilidad de volver a explotar el uranio español y en la actua-

lidad sigue realizando el estudio de viabilidad. Si dicho estudio es aprobado, Enusa, en representación del Estado, participará en el consorcio Newco que se creará para tal fin, con un 10% del total. Desde la empresa pública española se señala que apoyarán el proyecto siempre y cuando sea viable y sostenible en el tiempo, no solo de una forma coyuntural.

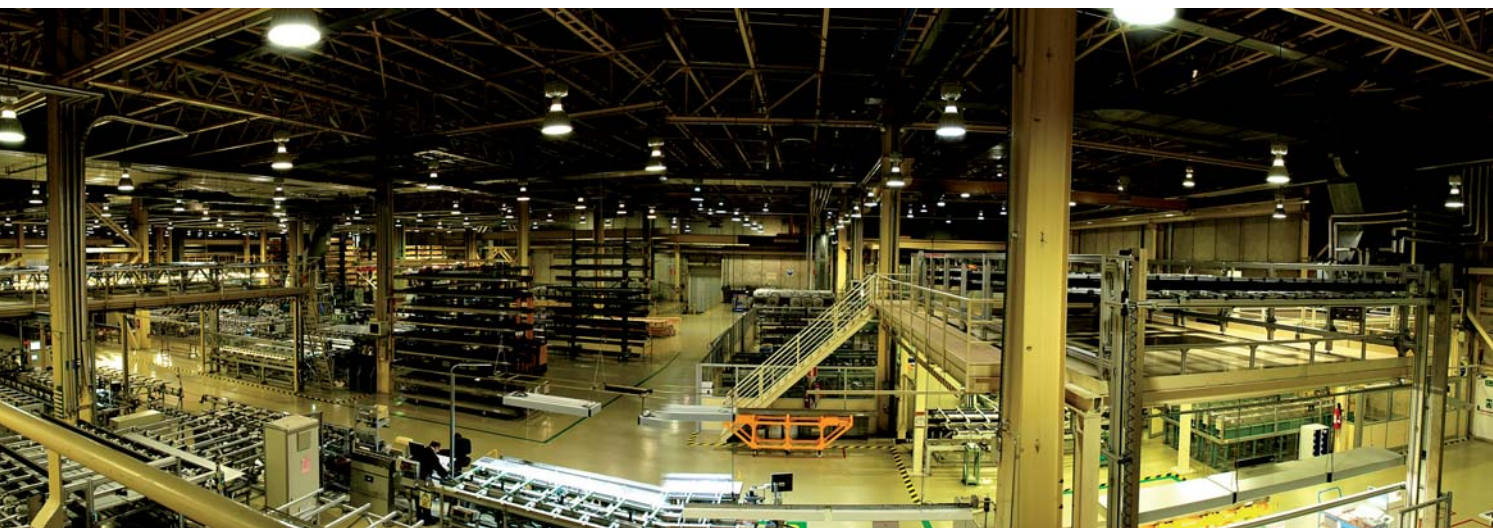
Fabricación de elementos combustibles

Para Enusa el cierre de las explotaciones mineras no supuso un grave quebranto, porque para entonces habían ampliado su actividad a las siguientes fases del ciclo, con la gestión de todo el proceso y la fabricación de los elementos combustibles. La experiencia adquirida en el manejo del uranio y la expansión del sector nuclear en España durante los años setenta y ochenta les llevó a plantearse la creación de una fábrica de combustible, que se instaló en Juzbado (Salamanca) e inició su producción en 1985. Hasta entonces, el suministro lo realizaban las empresas propietarias de la tecnología de los reactores, como Westinghouse y General Electric. Actualmente la mayor parte del consumo de los ocho reactores que hay en España lo proporciona Enusa. La excepción es Trillo, que utiliza tecnología alemana, y parcialmente Cofrentes, que se nutre también de otros proveedores.

Según Vallejo, Enusa adquiere cada año unas 1.500 toneladas de uranio, pro-

cedentes principalmente de Namibia, Rusia, Australia, Canadá y Kazajistán. Con ellas construye, en su fábrica de Juzbado, elementos combustibles para suministrar no solo a las centrales españolas sino también a reactores ubicados en Bélgica, Francia, Finlandia, Suecia y Alemania, exportando en torno al 60% de su producción. Pero el proceso que media entre la mina y Juzbado es largo y complejo, ya que el mineral debe ser sometido a diferentes trámites de conversión, cada uno de los cuales se realiza en un país diferente. Una transformación que Enusa controla y gestiona a distancia.

Para empezar, en las mismas instalaciones mineras se tritura el mineral y se somete a un proceso de lixiviado, aprovechando la alta solubilidad en aguas ácidas del uranio. Del líquido obtenido se extrae el óxido de uranio concentrado mediante un primer tratamiento con ácido sulfúrico. Después se purifica, se concentra y se seca, hasta producir una masa amarillenta, que se conoce como *yellow cake*. Este concentrado de uranio se envía a alguno de los centros de enriquecimiento del mismo que existen en el mundo, entre ellos Eurodif, una instalación situada en Pierrelatte (Francia), en la que Enusa participa con un 10%. Como ya se ha indicado, el uranio-235, que es el fisible, tiene una concentración natural del 0,72% (el resto es U-238) y para que se produzcan las reacciones de fisión en cadena debe tener una concentración mayor, que en el caso de las



Panorámica de la zona mecánica de la fábrica de Enusa en Juzbado (Salamanca), que empezó a producir en 1985.

centrales españolas se sitúa entre el 3% y el 5%. Para ello, el concentrado se convierte en hexafluoruro de uranio, que se encuentra en forma de gas; después, mediante grandes centrifugadoras, el U-238, ligeramente más pesado, se separa del U-235 hasta obtener la proporción deseada.

De los centros de enriquecimiento viaja a Springfield, en el Reino Unido, donde el uranio enriquecido se vuelve a convertir en óxido de uranio, esta vez en forma de polvillo de color grisáceo-verdoso. Envasado en unos bidones exclusivos, el óxido de uranio viaja en barco hasta España y se traslada por carretera, en transportes especiales, hasta la fábrica de Juzbado, donde se inspecciona y se prepara para el siguiente proceso. En Juzbado también se almacena por ley el uranio que por seguridad de suministro deben mantener en todo momento las centrales nucleares.

Pastillas de óxido de uranio

El paso siguiente consiste en convertir el polvillo de óxido de uranio en pastillas sólidas. Para ello se realiza un proceso de tipo cerámico, en el que el polvo se mezcla con un aditivo que lo aglutina y le confiere el grado de porosidad adecuado. Se apelmaza mediante presión y se le da la forma en un molde; después se introduce en un horno especial, a 1.780 °C durante ocho horas, lo que hace que el aditivo se evapore y el material vitrifique, convirtiéndose en pastillas de color

gris metálico, sólidas y robustas. Una vez más, como en cada paso del proceso, se verifica automáticamente que todas las pastillas tengan las medidas exactas y la calidad necesaria, mediante sistemas automáticos y robotizados que emplean láser y visión artificial. Después se introducen en las varillas que las contendrán tubos hechos de un material especial, denominado *zircaloy* y compuesto por un 95% de zirconio y un 5% de otros metales (niobio, hierro, cromo, níquel y estaño), que se utiliza porque ofrece dureza y ductilidad y no absorbe apenas neutrones, por lo que no interfiere en las trayectorias de estas partículas, que son las responsables de producir la fisión de los núcleos de U-235.

En el interior de las varillas, en su parte superior, se ubica un muelle para sujetar las pastillas y sus extremos se cierran mediante tapones debidamente soldados. El tapón superior contiene un pequeño orificio por el que se inyecta helio —un gas inerte y muy ligero—, que permite detectar cualquier problema de escape que pudiera presentar la varilla. La inspección vuelve a la carga: un escáner que utiliza radiación gamma ratifica que el uranio tiene el enriquecimiento adecuado, mientras se comprueban las soldaduras y se observa el interior de la varilla mediante radiografías y ultrasonidos.

Solo queda ensamblar las varillas en la estructura de acero inoxidable y aleaciones de circonio, formada por los cabe-

zales inferior y superior y las rejillas intermedias. Los elementos fabricados pueden ser de dos tipos, uno destinado a los reactores de agua a presión (PWR, que en España son los de Almaraz I y II, Ascó I y II, Vandellós II y Trillo) y otro para los de agua en ebullición (BWR, como Santa María de Garoña y Cofrentes).

Los elementos para reactores PWR miden 4,5 metros de altura y están formados por una matriz de 289 puntos de inserción (es una red de 17 x 17), de los cuales 264 los ocupan las varillas de combustible, 24 son tubos guía destinados a albergar las llamadas barras de control y el último, el del centro, está reservado para el tubo de instrumentación, que realiza mediciones de temperatura y otras variables. Las barras de control están hechas de un material borado que absorbe los neutrones, por lo que permite controlar las reacciones de fisión, aumentarlas, disminuirlas o parar el reactor, según su grado de inserción. Cada elemento combustible de este tipo pesa 670 kilos, de los cuales 465 corresponden al uranio. En el caso de los reactores BWR, los elementos miden cuatro metros de altura y constan de 100 puntos de inserción (10 x 10), de los cuales 92 corresponden a las varillas de combustible. Emplean 177 kilos de uranio y tienen un peso total de 261 kilos.

El viaje iniciado en Canadá, Australia o Kazajistán toca a su fin. La recarga de los reactores, que se realiza más o menos cada dieciocho meses (en el caso

Nuevos derroteros

La gestión de las minas de La Haba (Badajoz) y Saelices el Chico (Salamanca), ya clausuradas, le ha conferido a Enusa una experiencia en tratamientos de restauración de yacimientos y paisajes que ha facilitado la ampliación de su negocio a ámbitos ajenos al uranio, a través de otras empresas especializadas. “En 2002 creamos Teconma, que trabaja en temas de muros verdes de autopistas, restauración de jardines y de suelos y otras actividades”, expli-



Molypharma, filial de Enusa, produce y distribuye la mitad de los radiofármacos fabricados en España.

ca Teresa Sánchez, del departamento de Comunicación de Enusa. Actualmente, Teconma está implantándose en el sector de los residuos sólidos urbanos, apoyada en la innovación, pues, según Sánchez, “se trata de una tecnología nueva, que no emite gases y aprovecha todos los residuos, y ya estamos construyendo la primera planta en Castellón”. Asimismo en el campo ambiental adquirió Emgrisa, una empresa del Estado especializada en tratamientos de suelos contaminados, actividad en la que Enusa también es experta.

Otro ámbito en el que la empresa se ha volcado es el de los radiofármacos, en cuyo sector Enusa se ha introducido a través de su filial Molypharma. “Nosotros fabricamos y distribuimos prácticamente la mitad de todos los radiofármacos que se producen en España”, señala Sánchez. Pero no siempre los nuevos caminos se recorren por completo. Tal como apuntan desde el departamento de Comunicación, Enusa creó otra empresa especializada en esterilización mediante radiaciones, vendida a una compañía francesa hace un par de años, ya que “teníamos mucha demanda y llegó un momento en que era necesario ampliar o vender”, afirma Sánchez.

Ahora, el objetivo de Enusa apunta a otro ámbito: la generación de biogás, aunque de momento se trata de un aventura mínima y naciente, destinada a su propio abastecimiento para generar electricidad. ■

de los reactores PWR) o cada veinticuatro meses (en el de los BWR), supone la extracción de una parte de los elementos combustibles gastados (un tercio de los que tiene cada reactor, cuyo número oscila entre 150 y 180) y su sustitución por otros tantos elementos nuevos, que durante cinco o seis años estarán sometidos a las reacciones de fisión y generando energía. Esta es la segunda parte del ciclo de combustible, la de su aprovechamiento, mientras que la tercera se inicia cuando se extraen los elementos del núcleo del reactor y se procede a su almacenamiento controlado, bien en las piscinas de las centrales, bien en contenedores en seco. De ahí pasarán al futuro Almacén Temporal Centralizado, que España tiene previsto construir y que será gestionado por Enresa.

Pero la implicación de Enusa no termina con la recarga de los reactores. “Nosotros tenemos que garantizar los elementos combustibles durante toda

su vida. Hasta el final. Por eso, cada vez que se manejan, en las recargas, en las inspecciones, en su paso a los contenedores en seco o en otras circunstancias, tenemos que estar presentes”, dice Carmen Vallejo. Incluso cuando Enresa se hace cargo de ellos, Enusa colabora informando del comportamiento de los elementos.

Enusa, una empresa competitiva

Desde que inició esta actividad, en 1985, Enusa ha construido 17.096 elementos combustibles, incluidos los 934 que produjo en 2010, 561 de ellos destinados a la exportación. En un mundo como el nuclear, caracterizado por una tecnología avanzada y compleja, Enusa compite con éxito frente a otras empresas europeas, a pesar de, o precisamente por, su menor tamaño, ya que, como dice la responsable de Relaciones Institucionales, “podemos dar un trato personalizado a nuestros clientes, que ellos agradecen”.

Pero mantener la clientela significa

también ofrecer una calidad a la altura de las extremas exigencias del sector, lo que implica una atención especial a las actividades de Investigación y Desarrollo. “Dedicamos en torno al 5% de nuestras ventas de combustible a I+D. Una parte en programas internacionales y otra mediante investigación propia. Por ejemplo, somos la única fábrica de elementos combustibles que tiene la inspección de pastillas automatizada, y eso ha sido un desarrollo propio”, dice Carmen Vallejo.

Y, además, hay que seguir mirando al futuro, aunque el del sector nuclear no esté actualmente muy claro. Los nuevos reactores, como el que se construye en Olkiluoto (Finlandia), exigen cambios importantes en los elementos combustibles. “Nosotros ahora no podríamos suministrarlos, pero no creo que nos costara mucho adaptarnos. De hecho —concluye Vallejo—, estamos analizando lo que habría que modificar para estar preparados”. ■



XIV SEMINARIO INTERNACIONAL
DE PERIODISMO Y MEDIO AMBIENTE

21, 22 y 23 SEPTIEMBRE 2011 www.sipma.es córdoba

Miércoles, 21 de septiembre

11:30 h. Inauguración oficial

12:00 h. Presentación del XIV Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente.

José María Montero. Director del Seminario

12:30 h. Conferencia inaugural: "Medio Ambiente, globalización y crisis económica"

Ignacio Ramonet. Director de la edición en español de "Le Monde Diplomatique"

14:15 h. Almuerzo elaborado con productos ecológicos en colaboración con la Asociación CAAE

16:00 h. Diálogos Prensa-Ciencia: "Física y Química: la divulgación científica a dos voces"

Manuel Toharia. Físico. Director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia.

Moncho Núñez. Químico. Director del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología

17:15 h. Cine-fórum: "Invasores"

Luis Miguel Domínguez. Director del documental Coloquio moderado por José María Montero

18:45 h. Talleres: presentación y sesión teórica

Información de Medio Ambiente en radio

Tom Martín Benítez. Director de La Hora de Andalucía (Canal Sur Radio)

La información ambiental en las redes sociales

Clemente Álvarez. Periodista ambiental y científico. Autor del blog EcoLab en El País

El reportaje fotográfico como herramienta de comunicación

Antonio Sabater. Fotógrafo de naturaleza. Director de MasterClass Foto

20:00 h. Fin de la jornada

Jueves, 22 de septiembre

8:30 h. Salida hacia El Cabril

Jornada dedicada a las prácticas de los talleres de radio, redes sociales y fotografía

10:30 h. Movilidad sostenible

Exhibición y prueba de vehículos eléctricos en los viales de El Cabril. Presentación de AVELE (Asociación Española para la Promoción de los Vehículos Eléctricos y No Contaminantes)

12:30 h. Viviendo El Cabril

Visita a las instalaciones del Almacén Centralizado de Residuos Radiactivos de Baja y Media Actividad

14:30 h. Almuerzo

16:30 h. Regreso a Córdoba

21:00 h. Cena-cóctel ofrecida por el Ayuntamiento de Córdoba

Viernes, 23 de septiembre

10:00 h. Conferencia magistral: "El periodismo ambiental visto desde los otros periodismos"

Miguel Ángel Aguilar. Físico y periodista. Columnista de El País, La Vanguardia y Cinco Días. Comentarista de la cadena SER

12:15 h. Diálogos Prensa-Ciencia: "Contaminación lumínica: la luz que ensucia el cielo"

Cipriano Marín. Coordinador de la Iniciativa Internacional Starlight Fundación Starlight - Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
Abel Campos. Periodista ambiental. Redactor del programa "Medi Ambient" de la Televisión Valenciana

14:00 h. Almuerzo

15:30 h. Talleres prácticos. Conclusiones

17:30 h. Fin del Seminario y entrega de diplomas

Inscríbete antes del:
31 de agosto
www.sipma.es

INSCRIPCIONES:

La cuota de inscripción es de **200€**. Cubre viajes, alojamiento y manutención según programa. Para las personas que asistan al Seminario y residan en Córdoba, la cuota de inscripción es de **50€**.

Infórmate de nuestro programa de becas con distintas facultades de comunicación y diversas instituciones autonómicas y nacionales. El precio de asistencia al Seminario si gozas de beca es de **100€**.

Para más información: NIEVES SÁNCHEZ LOSA nsal@enresa.es 915668264 www.enresa.es

Organiza



Colabora





El ministro de educación, Ángel Gabilondo, en la apertura del centenario de la RSME. Abajo, en el óvalo, José de Echegaray.

*Se cumplen cien años de la creación
de la Real Sociedad Matemática Española,
una institución que mira hacia el futuro*

LA MATEMÁTICA ESPAÑOLA SALTA A LA ESCENA INTERNACIONAL

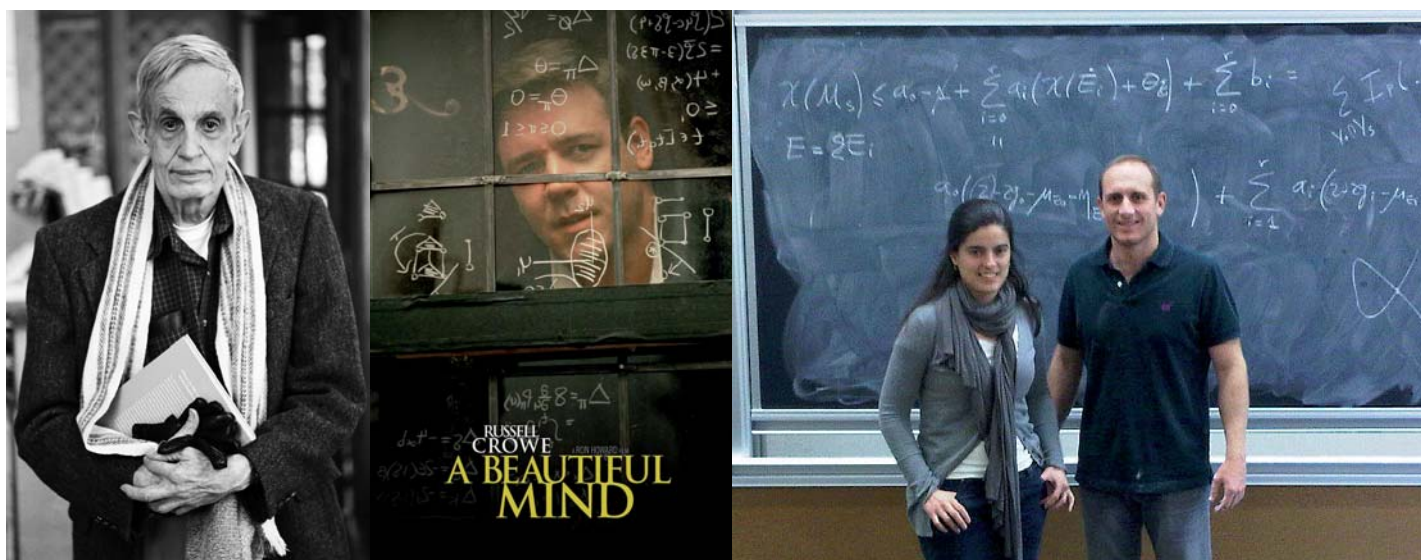


La celebración del centenario de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) coincide con un momento dorado de esta ciencia en España. Aun así, los matemáticos tienen claros los retos pendientes: asegurarse la entrada de “mentes jóvenes” en el área —exigencia obligada para mantener los logros— y reforzar la relación con el tejido productivo español. ■ POR **Mónica Salomone**, PERIODISTA CIENTÍFICA.

“**L**A CIENCIA MATEMÁTICA NADA nos debe: no es nuestra; no hay en ella nombre alguno que labios castellanos puedan pronunciar sin esfuerzo”. El ingeniero y matemático José de Echegaray y Eizaguirre, primer presidente de la Real Sociedad Matemática Española (RSME), pronunció en 1866 esta frase lamentando la falta de matemáticos en un país por otra parte rico en literatos, artistas, militares, músicos o navegantes. Ha pasado un siglo y medio y la situación es hoy bien distinta. En 2009, el 4,7% de las publicaciones matemáticas de todo el mundo tenían firmantes españoles. Su repercusión en la comunidad científica internacional —el *impacto*, medido por el número de veces que cada trabajo es citado por otros—, también ha crecido enormemente en los últimos años. Entre 2004 y 2009, los matemáticos españoles fueron citados un 4% más que la media internacional.

En este contexto, la RSME conmemora los cien años de su creación, una celebración que los matemáticos españoles están aprovechando para hacer balance de los logros obtenidos... y también para mirar cara a cara los retos que aún tienen enfrente.

La Real Sociedad Matemática Española —el título de “Real” se debe a Alfonso XIII— nació en 1911 con apenas 450 socios. Hoy son más de 1.700, tanto investigadores como profesores de todos los niveles del sistema educativo.



La vida de John Nash inspiró el filme *Una mente maravillosa*; a la derecha, los investigadores españoles que han resuelto un problema de Nash.

Pero esto es solo un indicio del despegue de esta ciencia en España. Con su centenario, la RSME conmemora el actual auge de las matemáticas españolas. Los responsables de los actos de este cumpleaños hablan de una comunidad de investigadores por primera vez bien situada en el panorama científico internacional, y tan llena de jóvenes promesas como de retos.

El principal objetivo de los actos del centenario es “abrirse al resto de la sociedad y contagiar a los demás la belleza de nuestra ciencia”, explica la presidenta de la comisión del centenario, María Jesús Carro, catedrática de la Universidad de Barcelona. “No siempre hemos puesto el suficiente empeño en mostrar nuestra ciencia a la sociedad; con la celebración de nuestro centenario aspiramos a corregir eso. Aspiramos a mostrar las matemáticas tal como las vemos nosotros, es decir, simplemente preciosas”.

Problemas legendarios resueltos

Una muestra del avance de la matemática española en los últimos años es que por primera vez hay investigadores de nuestro país en las sociedades internacionales más importantes. Marta Sanz-Solé, de la Universidad de Barcelona, es desde el pasado enero presidenta de la Sociedad Matemática Europea (EMS, siglas en inglés) y, Manuel de León, director del ICMAT (Instituto de Ciencias Matemáticas), es el primer

español miembro de la Comisión Ejecutiva de la Unión Matemática Internacional (IMU).

Pero son probablemente los resultados en investigación los que dan la mejor medida del estado de la matemática española. El pasado mes de marzo dos jóvenes matemáticos españoles, Javier Fernández de Bobadilla y María Pe Pereira, resolvieron un problema planteado en los años sesenta por el famoso matemático John Nash, cuya vida inspiró la película *Una mente maravillosa*. El resultado pilló por sorpresa a la comunidad internacional —llegó en relativamente poco tiempo y derivado de la investigación en otra área—, pero por supuesto no vino de la nada. Fernández de Bobadilla, actualmente en el ICMAT, en Madrid, ya había logrado en 2008 una de las más prestigiosas y disputadas ayudas a la investigación, una beca del Consejo Europeo de Investigación.

Otro resultado relevante fue la resolución de la Conjetura de Hirsch el pasado año por parte de Francisco Santos, de la Universidad de Cantabria.

En matemáticas, una conjetura es una afirmación hecha sin pruebas y, por tanto, supone un reto para los investigadores, que deben demostrar que es cierta o falsa. La conjetura de Warren M. Hirsch (1918-2007) fue enunciada en 1957 y desde entonces había sido objeto de numerosos ataques, sin éxito.

El resultado de Santos, al igual que el de Fernández de Bobadilla y Pe Pereira, ha sido muy celebrado internacionalmente, y no solo en círculos científicos. Otro síntoma de que las matemáticas españolas cambian es que su imagen externa lo hace, y los medios de comunicación empiezan a mostrarse interesados por lo que hacen los matemáticos. Estos tres matemáticos tuvieron muchas oportunidades de explicar su trabajo en los medios.



María Jesús Carro, presidenta de la Real Sociedad Matemática Española.

Más relación con la industria

Estos dos ejemplos sirven también para ilustrar dos facetas complementarias de las matemáticas, las que se acercan más a las aplicaciones y las que crecen impulsadas estrictamente por la curiosidad. El problema de Nash forma parte de esta última categoría, mientras que la Conjetura de Hirsch, siendo un problema también básico, está más próxima a las aplicaciones.

La Conjetura de Hirsch tiene que ver con un algoritmo útil, en última instancia, para optimizar recursos en numerosas aplicaciones. Se trata del *algoritmo del simplex* y sirve desde para asignar horarios y turnos en grandes empresas hasta para planificar producción o carteras de inversión; formular estrategias de mercado; o diseñar redes ferroviarias, aéreas o de carreteras. Es de hecho uno de los diez algoritmos “más influyentes en el desarrollo de la ciencia y la ingeniería del siglo pasado”, según una selección elaborada por expertos para la revista *Computing in Science and Engineering*.

Este aspecto, el de la relación entre la matemática y la industria, es uno de los que los matemáticos consideran necesario reforzar en España. En 2010 el proyecto Consolider i-MATH, que aglutina a más de trescientos grupos de investigación en matemáticas en nuestro país, llevó a cabo una minuciosa encuesta a 6.716 empresas españolas para estudiar el grado de implantación de las herramientas matemáticas en los sectores empresariales españoles. La conclusión fue que la transferencia de tecnología matemática a las empresas desde las universidades y centros de investigación aún es escasa en España.

El estudio, llamado Mapa i-MATH de Demanda Tecnológica (Trans-MATH), reveló que las grandes empresas, de más de doscientos empleados, sí suelen tener departamentos de I+D que incluyen matemáticos. Según este trabajo, el 49% de las empresas y, en concreto, el 65% de las del sector del comercio, confían sus decisiones a herramientas matemáticas y utilizan las técnicas estadísticas, de análisis de datos o de apo-



Francisco Santos, de la Universidad de Cantabria, ha resuelto la Conjetura de Hirsch.

yo para tomar decisiones (las más usadas de las herramientas matemáticas). Pero la pequeña y mediana empresa (aquellas de entre diez y doscientos empleados) desconoce cómo acudir a expertos matemáticos, quienes podrían ser de gran ayuda.

Se buscan mentes frescas

Otro de los grandes retos de la comunidad matemática española es el llamado relevo generacional. Desde finales de los noventa y durante la primera mitad de la pasada década, las facultades de matemáticas sufrieron un importante *éxodo* de estudiantes. Carreras como la informática y otras ingenierías, más de moda y que parecían garantizar más y mejor remuneradas salidas, ejercían una fuerte competencia. Hoy el fenómeno se ha frenado y hay un repunte en las matrículas, pero no lo bastante como para que el asunto no ocupe un lugar central en las celebraciones del centenario de la RSME. Además, el problema se complica al dejar la universidad: ¿está el sistema de ciencia y tecnología español listo para acoger a una nueva generación de matemáticos, preparada como nunca?

Durante el Congreso del centenario, celebrado en febrero en Ávila, el mensaje fue claro: a la comunidad mate-

mática española le preocupa su propio envejecimiento. No hay suficientes plazas para los jóvenes en un momento en que la edad media de los profesores en los departamentos universitarios es muy alta.

“Hoy por hoy, no tenemos suficiente cantera para mantener los logros obtenidos a lo largo de la pasada década”, dijo la presidenta de la comisión del centenario. “Uno de nuestros principales problemas es el relevo generacional. La edad media de los profesores en los departamentos de matemáticas de las universidades españolas supera los cincuenta y no hay apenas vías para que entre gente joven”. En esta situación, “las matemáticas españolas corren el gran riesgo de perder a jóvenes muy brillantes”.

En el congreso de Ávila, dos de los más prometedores matemáticos españoles recibieron el premio que concede anualmente la RSME a investigadores de menos de 32 años. Son Álvaro Peláyo (Madrid, 1978), premio José Luis Rubio de Francia 2009, y Francisco Gancedo (Madrid, 1980), premio 2008. Peláyo está ahora en la Universidad de Washington, en San Luis (Misuri, EE.UU.). Gancedo es Dickson Instructor en la Universidad de Chicago, un puesto que solo ocupan los mejores doctores recién-

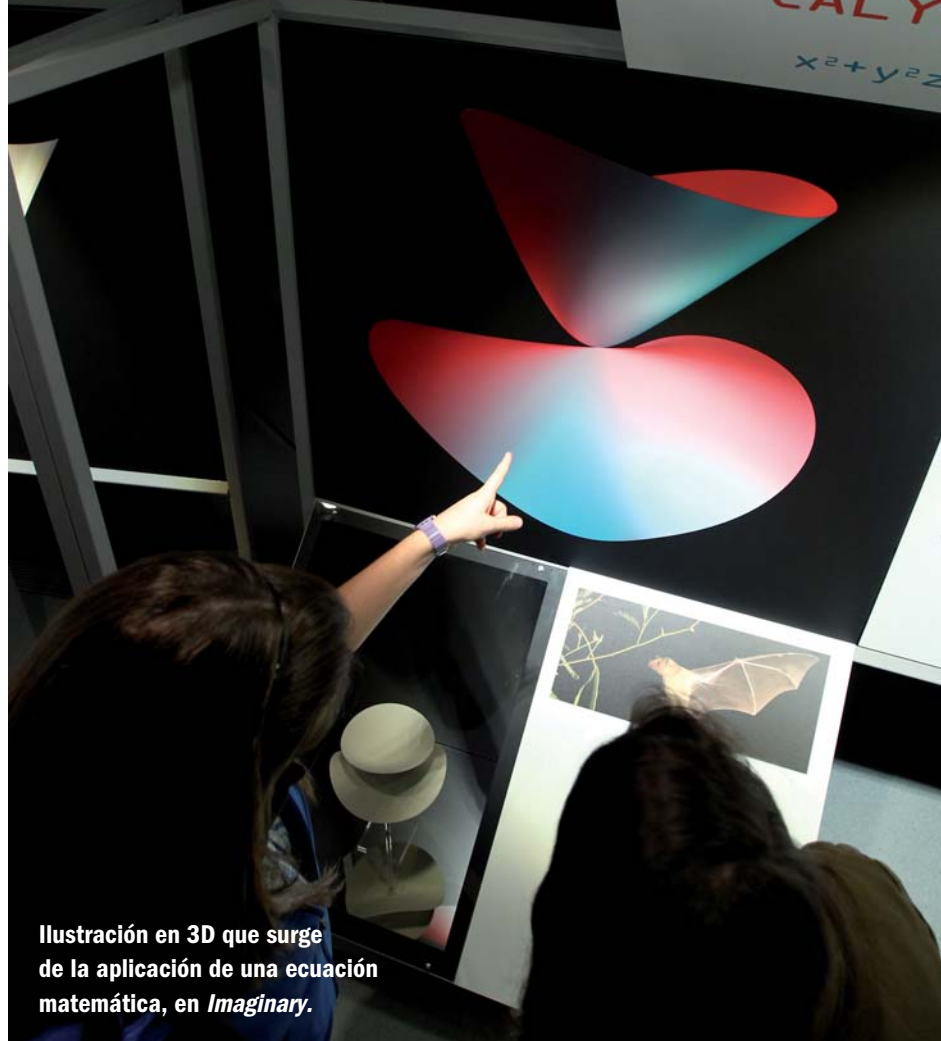


Ilustración en 3D que surge de la aplicación de una ecuación matemática, en *Imaginary*.

Arte y matemáticas en 'Imaginary'

Para celebrar su centenario, la Real Sociedad Matemática Española ha preparado una exposición itinerante llamada *Imaginary*, realizada junto al Instituto de Matemáticas de Oberwolfach (Alemania). La muestra combina arte y matemáticas, mostrando la belleza y el atractivo de la geometría a través de visualizaciones, instalaciones interactivas, realidades virtuales y objetos 3D. *Imaginary* visitará Madrid, Barcelona, Salamanca, Valladolid, Palma de Mallorca, Bilbao y Pamplona, además de Gijón, Zaragoza, Sevilla, Valencia, Málaga y La Laguna (Tenerife).

tes. Las preguntas son: ¿hay muchos como ellos? Y si quisieran volver a investigar a España, ¿podrían hacerlo?

El próximo curso, Gancedo se incorporará a la Universidad de Sevilla con un contrato del Programa Ramón y Cajal, una de las pocas opciones que se ofrecen en este momento a los jóvenes investigadores españoles para retornar a su país. “Ahora, en los departamentos de matemáticas de las universidades españolas prácticamente no salen plazas”, dice Carro. Y los puestos temporales que podrían ser vistos como la puerta de entrada al sistema, como los contratos

Ramón y Cajal y Juan de la Cierva, también son escasísimos —una veintena anual entre las dos modalidades—.

Una universidad no solo para enseñar

El problema parte, en opinión de María Jesús Carro, del hecho de que las plazas en las universidades se asignan únicamente en función de la carga lectiva, esto es, del número de estudiantes matriculados. Y con el descenso del número de estudiantes, “cuando se jubila un profesor de matemáticas, no se le sustituye porque no hace falta cubrir sus horas”, explica Carro.

El insistente mensaje de los investigadores es que “la universidad no es solo docencia”, apunta Luis Vega, de la Universidad del País Vasco y vicepresidente de la RSME. También hace falta investigación. Y la investigación necesita ideas frescas. “La juventud tiene una ilusión y una frescura que se necesita en los departamentos”, dice Carro. “Nosotros la tuvimos y la transmitimos a los estudiantes; ahora tenemos experiencia, sabemos más... pero hace falta gente joven”. Tal vez dentro de una década no haya muchos matemáticos buenos de treinta años si a los que hay ahora no se les abren perspectivas razonables.

Álvaro Pelayo, por lo pronto, no tiene intención de volver: “Me encuentro muy cómodo en mis circunstancias de trabajo actuales en el Instituto de Estudios Avanzados, en Princeton, y en la Universidad de Washington, en San Luis. Dicho esto, todo depende de las oportunidades y proyectos concretos que se me puedan presentar en el futuro, tanto en el ámbito europeo como en Estados Unidos”.

El congreso de Ávila tuvo como ponente a una de las estrellas en alza de la comunidad matemática internacional: Cédric Villani (Francia, 1973), galardonado con la medalla Fields —el premio más importante de las matemáticas, equivalente a un Nobel— en agosto de 2010. Villani tuvo que responder a una de las preguntas a las que se enfrentan últimamente muchos matemáticos españoles: ¿Por qué España no tiene aún ninguna medalla Fields, frente a los once matemáticos franceses que han ganado este premio desde su creación en 1936? Si los avances en esta área son tan importantes, tal vez se puede ser optimista y esperar una Fields española en breve...

La respuesta de Villani nos devuelve a la cita de Echegaray: “Vistas desde fuera, las matemáticas españolas tienen muchos puntos fuertes, aunque no son aún tan diversas y consolidadas como en otros países”, dijo. La matemática española es todavía joven, le falta “tradición”. Pero la tradición hay que cuidarla, entre otras cosas con plazas para los nuevos investigadores. Tiempo al tiempo. ■



ISTOCKPHOTO

Los seres humanos sentimos dolor físico por múltiples causas, tanto externas como internas, lo mismo de forma aguda e instantánea que de manera crónica y continua. El dolor es quizá uno de los males más democráticos y ubicuos que existen. Y, para complicar aún más las cosas, nuestro desarrollo mental nos ha llevado, además, a desplegar a lo largo de la evolución biológica una poderosa inteligencia y una capacidad de abstracción tales que, entre otros inconvenientes —y muchas ventajas, sin duda—, pueden originar en nosotros dolores psicológicos quizá no menos torturadores que los estrictamente físicos. ■ **POR Manuel Toharia.**

Desde un punto de vista darwiniano, su única función aceptable sería su utilidad para la supervivencia

¿Es el dolor un error evolutivo?

La intensidad del dolor no siempre tiene una relación directa con el daño que se sufre, un ejemplo son las migrañas.

EL DOLOR ES UNA EXPERIENCIA SENSORIAL y, por tanto, objetiva; pero al tiempo tiene una importante componente emocional, totalmente subjetiva. En ambos casos —dolor estrictamente físico o más bien psicológico— está plenamente implicado el sistema nervioso. Y la complejidad de las múltiples interacciones de los diferentes tipos de dolor con sus diferentes mezclas ha llevado a la medicina moderna a considerar una nueva espe-

cialidad, la algología, que se preocupa tanto del dolor en sí como de sus diferentes terapias.

Pero, ¿por qué nos duelen el cuerpo y la mente? ¿Para qué sirve semejante tortura? ¿De qué modo hemos aprendido a convivir con este enemigo de nuestro bienestar? ¿Cómo es posible que llegue a ser considerado favorablemente, incluso deseado, en ciertas conductas colectivas como el martirio voluntariamente asumido (por razones religiosas) o en conductas individuales como el sadomasoquismo (por razones sexuales)?

Hay dolores completamente inútiles

La primera respuesta, vista su omnipresencia en el género humano, es que el dolor está ahí, y por tanto “debe” servir para algo. Por lo que sabemos, y de una manera aproximadamente similar a la del ser humano, también sienten dolor otros animales parecidos a nosotros, al menos los que tienen un sistema nervioso suficientemente complejo, como por ejemplo los mamíferos. El sistema nervioso de un mono o de un perro les permite sentir dolor por causas parecidas a las que a nosotros nos provocan igualmente dolor; al menos, dolor físico. Es obvio que el dolor subjetivo, ese dolor que nos hace retorcernos en agonía —por ejemplo, ante la muerte inesperada de un ser querido muy próximo—, ese “me duele el alma” de los poetas, es más que probable que sea exclusivo del género humano.

Esta universalidad del dolor en animales que podríamos llamar “superiores” ha de tener alguna función que evolutivamente debiera implicar algún sentido... Parece obvio que el dolor avisa de que algo va mal. Es, pues, una señal de alerta necesaria que nos dice que hay que poner remedio a la situación.

¿Señal necesaria? No parece tan claro... Si un perro se rompe una pata en un salto, es obvio que le dolerá mucho, lo que constituye un buen aviso para que deje de andar y se quede quieto hasta que el hueso se recomponga. Pero ese proceso de curación puede durar muchos días y, mientras tanto, si el perro

no tiene quien le alimente y ha de permanecer inmóvil, puede acabar muriéndose de hambre y no de su pata rota. El dolor tiene sentido como aviso de que algo anda mal, pero resulta inútil a la larga porque no aporta ninguna terapia... ¿Ha sido tan necesario como parecería a primera vista? En realidad, en la vida salvaje, si un animal se hiere gravemente, en la mayoría de los casos eso acaba suponiendo para él una condena a muerte. El dolor solo agrega una componente de sufrimiento añadido que pudiera parecer carente de sentido...

Otros dolores, incluso en animales, son en sí mismos completamente inútiles, al menos desde esa misma perspectiva; por ejemplo, un dolor del hígado por una disfunción grave. El dolor le quita al animal momentáneamente las ganas de comer, pero el ayuno no garantiza en absoluto que la grave dolencia hepática se le vaya a curar. Y si esa dolencia es lo bastante grave, el perro acaba muriendo, y encima ese proceso final va acompañado de un dolor seguramente creciente e insufrible.

Un sistema de alarma fallido

¿Estos dolores en animales no podrían ser considerados, en cierto modo, como la consecuencia de un error evolutivo?

Son muchos los ejemplos que podrían demostrar que la mayoría de los dolores que sufren los animales con un sistema nervioso desarrollado, y no digamos en el caso de los humanos, tienen muy escaso sentido, evolutivamente hablando, como sistemas de aviso para prevenir males mayores. Sin duda hay casos en los que es útil sentir dolor, especialmente los dolores reflejos que nos obligan a reaccionar casi instantáneamente: el influjo nervioso sensitivo llega a la médula espinal y allí, sin alcanzar el cerebro, desencadena una respuesta de nervios motores que nos obliga a reaccionar. Por ejemplo, cuando nos quemamos sin darnos cuenta al acercar la mano a una plancha encendida. Instantáneamente retiramos la mano.

Esos dolores agudos que desencadenan reacciones inmediatas suelen ser realmente interesantes, aunque en algu-

nos casos nos complican un poco la vida a los seres humanos, que tenemos en nuestra poderosa mente inteligente un enemigo añadido. Veamos dos ejemplos concretos: las agujas y el calor o el frío extremos. Cuando a algún adulto le ponen una inyección, normalmente desvía la mirada (en el caso de los niños, la inmensa mayoría simplemente con ver la aguja ya se pone a llorar histéricamente): si ve cómo la aguja penetra en la piel, “sentimos” más dolor que si no miramos. Y, sin embargo, de manera objetiva el dolor de un pinchazo es mínimo y perfectamente soportable por cualquier persona. De hecho, pincharnos con una zarza, con las espina de un rosal o incluso sentir la típica quemazón al contacto con las ortigas es algo que todos hemos sufrido en múltiples ocasiones. Y duele en exceso... para lo que sirve. ¿De qué nos avisa ese dolor tan agudo? ¿De que tenemos que alejarnos de ese rosal o de que no tenemos que coger el fruto de la zarzamora? Si es así, el dolor tiene una enorme utilidad para la planta, como elemento defensivo; pero, entonces, ¿a nosotros para qué nos sirve? No pasaría nada si nos metiéramos en un zarzal y nos llenáramos la piel de molestas espinas, que luego nos quitaríamos al darnos cuenta de que molestan y en algún caso provocan leves sangrados. Los cilicios de las monjas y los abades, con el que castigaban sus cuerpos, dolían sin duda muchísimo, y con ello hacían penitencia; sí, pero ¿y si doliera muchísimo menos? No sería ya tanta penitencia, pero sería más coherente. Una vez más un dolor excesivo; quizá, un error evolutivo...

Los seres humanos hemos desarrollado una capacidad de intervención en nuestro propio organismo —la medicina moderna— susceptible de remediar muchos de nuestros males, y entre ellos el dolor. Porque es claro que, como aviso de que algo va mal en el organismo, puede servir; pero una vez puesta en marcha la solución, el dolor ya no sirve para nada... pero ahí se queda. ¿Error evolutivo?

Para apoyar la idea del dolor como aviso realmente útil, siempre se acude al ejemplo de la persona que se hace una



El dolor sigue siendo un gran reto para los profesionales de la medicina.

herida grave o, como veíamos antes, se produce una quemadura grave, sin darse cuenta; si no existiera el dolor asociado a esas heridas, quizá estas pasarían desapercibidas y la persona pudiera acabar muriendo bien desangrada, bien de una infección generalizada. El argumento es bueno, sí; pero tiene varias pegas.

En primer lugar, hay hemorragias que nos pueden matar y que, sin embargo, no duelen nada; por ejemplo, ciertas úlceras sangrantes que pueden cursar silenciosamente, quizá durante la noche y sin provocar dolor alguno. O bien la hemorragia de un hemofílico en algún lugar del cuerpo poco visible mientras duerme; a eso hay quien lo llama “la muerte dulce”... Es cierto que la hemofilia es en sí misma un “error” genético, pero si el dolor es tan ubicuo y a menudo inútil, es una pena que en estos casos no avise ni siquiera un poco...

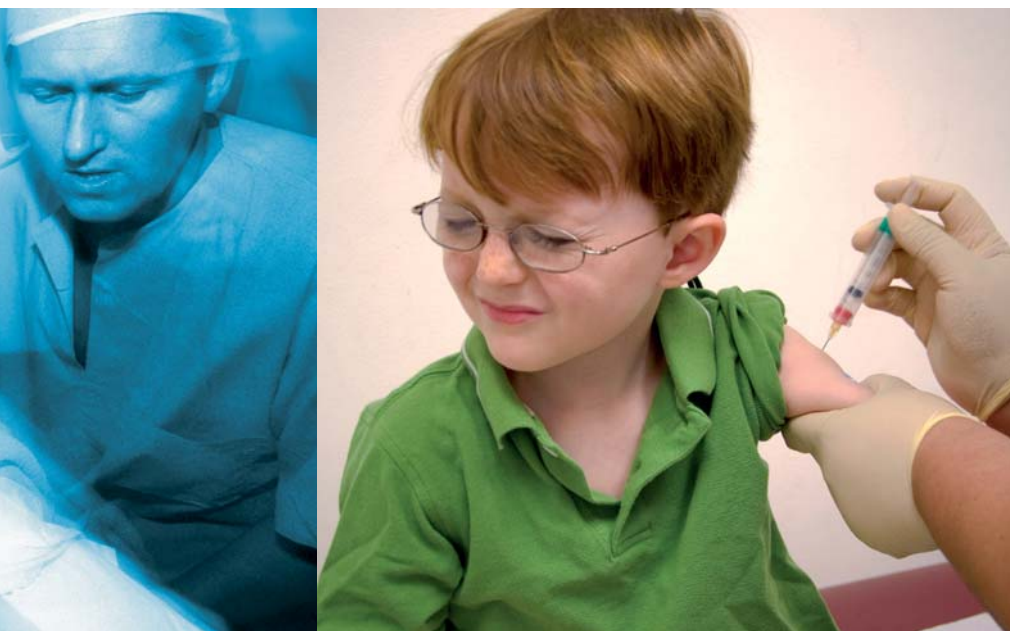
En segundo lugar, muchos dolores, y no siempre los más pasajeros, no avisan de nada concreto sino que aparecen y desaparecen por razones difíciles de desentrañar. Por ejemplo, las jaquecas... ¿De qué mal nos avisan? ¿Por qué son tan intensas, duraderas y frecuentes si la persona está sana? Si el daño del que nos quiere avisar una jaqueca fuera proporcional a la intensidad del dolor producido, estaríamos realmente al borde de

la muerte. Y, sin embargo, los que sufren de jaquecas frecuentes saben bien que lo que les ocurre no reviste gravedad alguna para su salud... excepto, por supuesto, el intensísimo y constante dolor que martillea sus cabezas.

En tercer lugar, muchos dolores que sirven de aviso en realidad sí que nos advierten de algo, pero cuando ese algo no tiene remedio; es decir, el aviso resulta inútil, incluso podríamos decir que gratuito. El dolor agudísimo que acompaña a veces al infarto de miocardio masivo anuncia, en efecto, de que algo va muy mal en el corazón, pero el aviso es inútil porque preludia en los casos más graves la muerte inminente. Y como no cabe sospechar que la Naturaleza tenga un comportamiento tan típicamente sádico, solo cabe concluir que en esos casos se equivoca; y ese tipo de dolor quizá debiera haber desaparecido a lo largo de la evolución... Porque no solo te mueres, sino que lo haces sufriendo una barbaridad.

Una variedad gigantesca

Todos estos ejemplos son un poco generales, y en realidad cabría plantearse un análisis un poco más sistemático de los diferentes tipos de dolores que sufrimos los humanos para ver si, en verdad, hay mucho más de error evolutivo en ellos que de elemento útil para la supervi-



Aunque objetivo, el dolor está caracterizado por un importante factor emocional.

vencia, que sería la única función aceptable desde un punto de vista estrictamente darwiniano para la adaptabilidad y mantenimiento de la especie.

Los expertos clasifican el dolor atendiendo a sus características. Por ejemplo, la más obvia: su intensidad. Un dolor puede ser muy fuerte o más bien débil. No siempre estos dolores más leves son los que anuncian cosas menos inocuas y, en cambio, no es raro que dolores muy intensos no anuncien realmente nada grave, como ocurre en el caso de las jaquecas. Por supuesto, no es lo mismo un dolor de cabeza que un dolor torácico, abdominal, en un miembro, incluso difuso. No es lo mismo un dolor punzante que opresivo o lacerante. El dolor puede durar mucho, por ejemplo un escozor continuo e intenso; o bien puede durar solo un instante, como un pinchazo, e incluso puede llegar a presentarse a intervalos más o menos fijos —por ejemplo, dolor estomacal después de cada comida—. Algunos dolores irradian desde un lugar del cuerpo hacia muchos otros, incluso hay dolores reflejos que se producen en otros lugares distintos al origen de la dolencia. También se pueden subdividir los dolores en función de los síntomas que les acompañan: nerviosismo, náuseas, diarrea, fiebre... Y hay dolores directamente ligados al sexo del paciente.

Como se ve, la panoplia del dolor es gigantesca. Toda una terrible plaga para la humanidad cuya justificación teórica —el aviso de que algo anda mal— no siempre es válida. En todos esos casos que acabamos de repasar someramente, existen dolores cuya existencia parece justificada, ya que nos previenen de conductas que no debemos adoptar o nos avisan de cosas que tendríamos que dejar de hacer para que esa señal dolorosa desaparezca, y en esos mismos casos hay dolores que parecen en cierto modo “inútiles”. A veces, nos duele el hombro derecho porque a lo mejor lo hemos forzado en exceso jugando al tenis, por ejemplo; pero, en otras ocasiones, ese dolor o algo muy parecido se debe a una lesión biliar o hepática. ¿Qué aviso puede darnos ese dolor de hombro derecho respecto al hígado? ¿Habría algún alcohólico con el hígado muy dañado que deje de beber alcohol porque le duela el hombro derecho?

Para terminar con este rápido vistazo al universo del dolor, conviene recordar que el premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica del año 2010 fue otorgado a tres científicos —David Julius, Baruch Minke y Linda Watkins— que trabajaron, y aportaron incluso aplicaciones terapéuticas muy valiosas en el tema del dolor: sus causas, sus mecanismos de producción y per-

cepción, sus semejanzas con otras sensaciones como el frío, el calor, el gusto... O sea que, todavía hoy, el dolor sigue siendo un enorme reto para los profesionales de la medicina. Ya conocemos muchos de sus mecanismos, y aún más: hemos desarrollado una ingente colección de medicamentos para combatirlo. Pero seguimos sin saber muchos de sus porqués. Es obvio que algunas religiones lo han dignificado, incluso magnificado; la religión cristiana, por ejemplo, se basa en el martirio, extremadamente doloroso, de un dios hecho hombre. La religión mahometana glorifica la muerte en la guerra santa, la *yihad*, desdénando el dolor. En general, el dolor asociado a un fin místico, incluido el martirio voluntariamente aceptado, es glorificado por múltiples religiones de todo tipo.

Placer y dolor

Y queda el caso del dolor mezclado, o asociado, con el placer. Porque si hay algo antitético es el dolor, por una parte, y el placer por otra. ¿Otra prueba de error evolutivo? Al menos en humanos, eso parece claro... Sin embargo, no son nada infrecuentes las conductas sádicas —obtener placer sexual haciendo daño a otras personas— o masoquistas —obtener placer por medio del dolor—. Incluso lo frecuente entre esas personas es que ambos aspectos se conjuguen: sadomasoquismo. Algunas autoridades morales califican de aberraciones estas conductas, pero son más frecuentes de lo que parece; en grados extremos seguramente no, pero en grados más leves casi todo el mundo ha experimentado en alguna ocasión conductas de este tipo en la actividad sexual normal. Incluso no nos duelen —al revés, nos gustan— cosas que “en frío” jamás aceptaríamos, como algunos pellizcos, azotes, apretones, mordiscos que dejan alguna marca... Todo ello es bastante frecuente y, en todo caso, siempre posible; y desde antiguo... Y si algo así es posible, sea condenable moralmente o no, es porque algo existe en el organismo que lo permite, incluso que lo fomenta. ¿Y no es todo ello también, en cierto modo, un error evolutivo? ■

Desde que empezara la crisis, muchos quieren poner la ciencia en el centro del cambio del modelo productivo. España se ha convertido en la novena potencia mundial en producción científica, pero aún debe dar el salto en innovación y desarrollo. Convertir ese potencial científico en económico pasa, gran parte de las veces, por patentar los avances y, cada vez más, los científicos españoles y las empresas de nuestro país toman conciencia de que no pueden salir al mercado sin proteger sus descubrimientos. ■ POR **Leticia Arenas**, PERIODISTA.

*España consigue grandes avances
en producción científica pero pocos
se transforman en patentes,
la asignatura pendiente de nuestros
investigadores y empresas*

La ciencia, motor de la economía

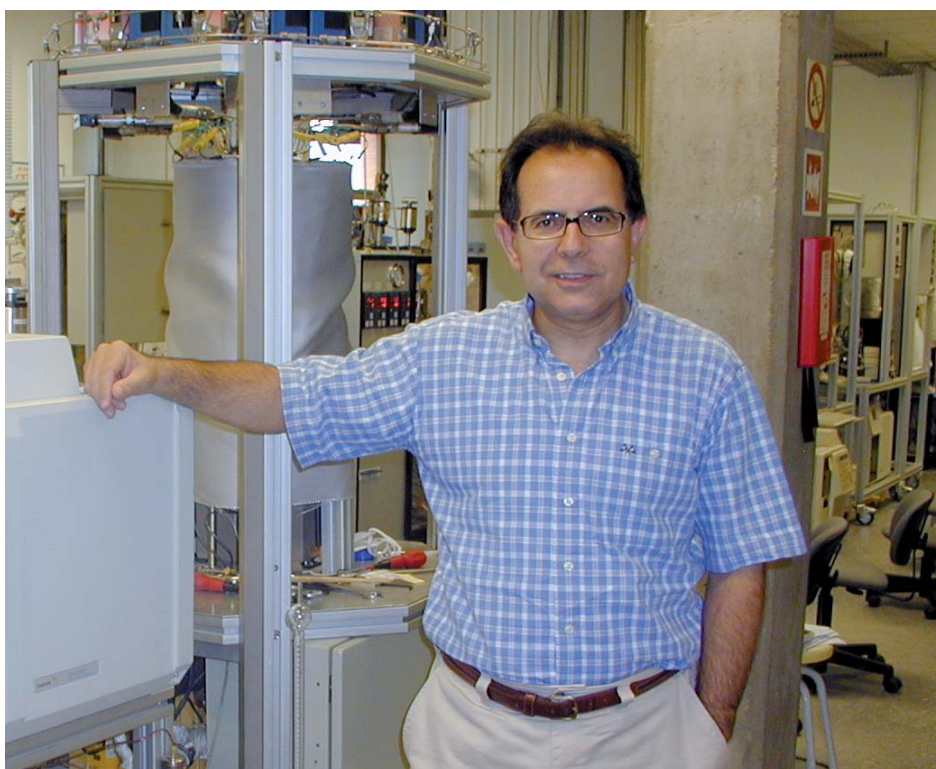


Laboratorio en el que la empresa Zeltia/PharmaMar desarrolla sus medicamentos contra el cáncer a partir de organismos marinos.

“**D**ADME UN PUNTO DE APOYO Y moveré el mundo”. Lo dijo Arquímedes en el siglo III a.C. refiriéndose a la palanca. Antes, alrededor de 3.000 años a.C., la civilización mesopotámica ya había empezado a mover el mundo con la rueda. En el siglo XVII, Galileo Galilei desarrolla el telescopio y el microscopio, acercándonos mundos hasta entonces desconocidos. Mucho más próximo en el tiempo, en el siglo XIX, Alexander Graham Bell inventa el teléfono, que hoy acorta distancias. Y en el siglo XX, Alexander Fleming pasó a la historia por dejarnos en herencia la penicilina, sin la que serían impensables muchos de los tratamientos médicos actuales.

Estos inventos y sus creadores han cambiado el mundo. La investigación científica está llena de pequeños avances e innovaciones que llegan a la economía en forma de patentes. Durante años, se ha dicho que eran el punto débil de España, un país que ha conseguido grandes avances en ciencia, en cantidad y calidad, pero que no lograba rematarlo para su industria.

“Hoy no estamos tan mal, pero podríamos estar mucho mejor”, dice Alberto Casado, director general de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Globalmente, el número de patentes de origen español que se va al exterior se sitúa cerca de las 9.000; es un volumen importante, pero aún muy por detrás de otros países de nuestro entorno. De hecho, España se ubica entre el puesto diez y once en número de patentes de los veintisiete países de la Unión Europea. “Hemos avanzado mucho —continúa Casado—, ya no somos ese país irresponsable que no patentaba, pero llevamos retraso. Existe concienciación entre la industria innovadora, que sabe que no puede salir al mercado sin proteger sus resultados técnicos. España hace veinticinco años era un país agrícola y eso se nota, aunque, dicho esto, en pocos años hemos pasado de tener un número bajísimo de patentes a tener ya un número relevante”, concluye el director general de la OEPM.



El profesor Avelino Corma, en el Instituto de Tecnología Química de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los visionarios

Hace veinticinco años, en España parecía impensable poner en el mercado una innovación técnica, pero hubo quien se la jugó. La compañía Cepsa, por ejemplo, se puso en contacto con el joven investigador Avelino Corma y su equipo para tratar de desarrollar un catalizador y un proceso para una de sus refinerías.

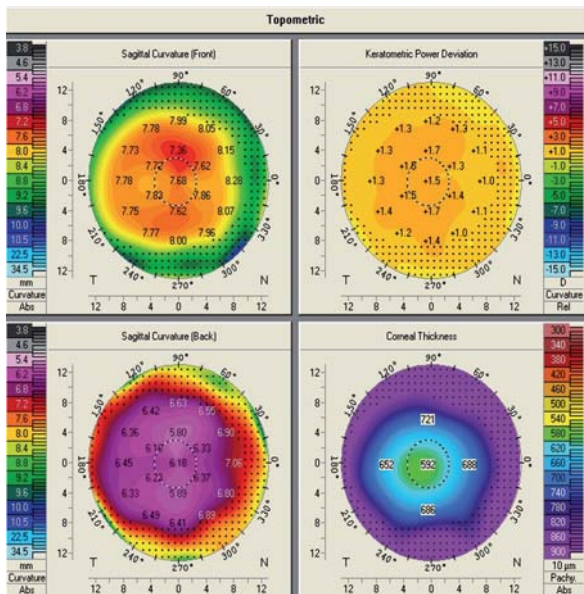
“Trabajamos duro, obtuvimos unos resultados bastante interesantes y la compañía decidió invertir en una planta piloto, después continuó el desarrollo hasta llegar a un nivel comercial y luego invirtió en una planta. Y era una inversión importante para aquella época, el equivalente a unos veinte o treinta millones de euros, pero salió muy bien... Ahora Cepsa, con su proceso de isomerización de gasolinas ligeras, es uno de los dos líderes mundiales en esta tecnología y la ha licenciado en más de veinte plantas a lo largo y ancho del mundo”, cuenta el profesor Avelino Corma, del Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC Universidad Politécnica de Valencia.

Pero la doctora Celia Sánchez-Ramos, profesora de Óptica Fisiológica y Percepción Visual de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) e

investigadora del Grupo de Neuro-Computación y Neuro-Robótica de dicha universidad, recuerda que no es fácil. “Hay que saber que te vas a caer, es mi obsesión y se lo digo a mis hijos; y si no, es que no andas. Por lo tanto, hay que pensar que hay que levantarse rápidamente porque nadie lo va a hacer por ti”.

Sabe de lo que habla. La profesora Sánchez-Ramos tiene en su haber más de cuatrocientas patentes vigentes en el mundo, ha sido premiada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual como Mejor Inventora del Mundo y este año, coincidiendo con el doscientos aniversario de la primera Ley de Patentes, fue propuesta por la OEPM para la concesión del Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica, que finalmente ha recaído en Joseph Altman, Arturo Álvarez-Buylla y Giacomo Rizzolatti por sus trabajos sobre el sistema nervioso.

Entre sus inventos está el Método Alta Eficacia-filtro óptico, un sistema de prevención visual que absorbe la luz azul y violeta —las más agresivas para el ojo—, que se puede aplicar a las lentes de contacto, las fuentes de iluminación o los cristales de ventanas. Su equipo



ALTA EFICACIA TECNOLOGÍA S.L.



Sistema de reconocimiento corneal patentado por la doctora Sánchez-Ramos.

La doctora Celia Sánchez-Ramos, investigadora del Grupo de Neuro-Computación y Neuro-Robótica de la UCM, tiene en su haber más de 400 patentes.

también ha creado un sistema de reconocimiento por córnea que permite la autenticación infalible de la identidad de las personas y, más recientemente, ha presentado un método para detectar indicios de la enfermedad de Alzheimer a través de residuos orgánicos procedentes de los ojos de un paciente. Este avance, publicado este año a nivel mundial, se ofrece ya en varios hospitales de la Comunidad de Madrid y podría comercializarse en un futuro.

“Las empresas necesitan productos que estén patentados si quieren rentabilizar la importante inversión que van a realizar. No es solo lícito, es imprescindible, porque, si no, no existiría el producto final en el mercado. Y nuestro objetivo es que un desarrollo plantee una mejor calidad de vida para las personas; queremos que esté a disposición de todo el mundo”, explica la doctora Sánchez-Ramos.

Las empresas y la importancia de patentar

Inventos españoles como la fregona, el chupa-chups o el fútbolín han dado la vuelta al mundo. Hoy, la innovación española es puntera en sectores como las energías renovables (somos la quinta potencia mundial en tecnología eólica) en biotecnología, en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y

en áreas concretas como la medicina. “Las empresas españolas son conscientes de la importancia de patentar, pero lamentablemente no todas, ni en todos los sectores”, asegura Alberto Casado, director general de la OEPM.

Zeltia/PharmaMar, una de las empresas más activas en la investigación biotecnológica española, lleva veinticinco años explorando el universo marino en busca de tratamientos innovadores contra el cáncer. Para su directora de I+D, Carmen Cuevas, “innovación es sinónimo de cambio”. “La empresa innovadora —añade— es la que cambia, evoluciona, hace cosas nuevas, ofrece nuevos productos y adopta, o pone a punto, nuevos procesos de fabricación. Innovación es atreverse. Hoy, la empresa está obligada a ser innovadora si quiere sobrevivir. Si no innova, pronto será alcanzada por los competidores. La presión es muy fuerte, ya que los productos y los procesos tienen, en general, un ciclo de vida cada vez más corto. Pero, claro está, detrás de todo cambio hay un riesgo que hay que asumir si se quiere evolucionar. La innovación, por lo tanto, es arriesgada, pero no innovar lo es aún más”.

Cuevas, que representa a la primera compañía en comercializar a nivel mundial un fármaco de origen marino contra el cáncer, cree que “España cuenta

con un caldo de cultivo de investigadores de un altísimo nivel. El problema que persiste, y en el que nuestros vecinos están mejorando, es la transferencia tecnológica. Es necesario que se cree un marco legal estable y que la relación entre los organismos de investigación públicos y las empresas privadas sea muy estrecha.”

El profesor Corma piensa que las empresas españolas aún pueden arriesgar más. En su campo, la química, la mayoría de las empresas son extranjeras. “En ciencia, en España, se ha avanzado bastante en los veinte últimos años, tanto en cantidad como en calidad, y lo que nos gustaría es que hubiera más empresas españolas que estuvieran compitiendo a nivel internacional con tecnologías totalmente nuevas... Las empresas pequeñas y medianas hacen innovación pero, sobre todo, mejoras sobre procesos existentes; las grandes en el campo de la química son fundamentalmente consumidoras de tecnología para adaptarla a sus problemas particulares. Raramente —sentencia— comercializan ellas esos avances”.

A pesar de los esfuerzos pendientes, en los últimos años se ha producido un cambio radical, sobre todo por la necesidad de las empresas de salir a competir al mercado, ahora internacional. “La crisis en patentes no nos ha afectado”, ase-



La empresa Zeltia/PharmaMar extrajo del *Ecteinascidia turbinata* el principio activo del primer antitumoral de origen marino comercializado a nivel mundial.



Alberto Casado, director general de la Oficina Española de Patentes y Marcas, en su despacho.

gura con rotundidad Alberto Casado, director general de la OEPM. Las patentes solicitadas en 2010 no han descendido con respecto a las peticiones de 2009, pero “sí hemos crecido muchísimo en número de patentes de origen español que salen al exterior; y las cifras son increíbles: han crecido un 14% y España se ha convertido en el segundo país por detrás de China que más ha aumentado su patentes internacionales”. Aun así, en 2009, más del 40% de las patentes que otorgó la Unión Europea fueron de origen alemán, el 15% fueron a parar a empresas francesas y solo el 1,26% a compañías españolas.

La profesora Sánchez-Ramos reclama un trabajo de todos para solucionar esta situación. “Mantener una patente es muy caro. Cuando se ha conseguido, las administraciones deberían implicarse en la comercialización y la internacionaliza-

ción y considerar los productos intangibles de las investigaciones tan importantes como cualquier otra cosa..., y ahí es donde creo que fallamos —dice—. Le falta el engranaje final. Los investigadores hemos llegado al conocimiento; en España hay un nivel, no bueno, excepcional; hemos sido muy obedientes cuando nos han dicho que hay que publicar *papers*, lo hemos hecho, pero ahí no se puede acabar. Tiene que empezarse una negociación clara desde el mundo empresarial y luego articular un sistema de ayudas para que el producto de investigación científica pueda internacionalizarse”.

Sin innovación no hay futuro

El futuro es obvio: la innovación, el valor añadido, la investigación... “Hoy —según el director general de la OEPM— Europa no puede competir en factores como el precio, mano de obra o incluso sala-

rios... Se compite sobre la base de la innovación, es decir, la diferenciación”.

“Cuando una empresa quiere ser competitiva a nivel internacional —señala el profesor Avelino Corma— y quiere tener procesos originales que le den ventajas tecnológicas directamente en su fabricación o incluso después, licenciando ese avance, tendrá que disponer de tecnologías punteras y, para ello, deberá protegerlas. Uno protege lo que considera que tiene valor, y uno tiene valor desde el punto de vista competitivo, industrial y comercial, si realmente quiere estar a la cabeza del desarrollo tecnológico. El problema al que nos enfrentamos es que las empresas no forman parte de esos equipos que desarrollan tecnología, sino que son usuarios.”

Lo que parece obvio es que sin subirse al carro de la innovación no hay futuro para el desarrollo tecnológico de España. ■

Impulso a la innovación

Como respuesta al importante volumen de producción científica de España, la Fundación Botín creó en 2005 un programa pionero en nuestro país: la selección de un grupo de investigadores para llevar a cabo proyectos científicos con potencial empresarial. Tratan con ello de conectar la investigación con la empresa, trabajando con algunos de los mejores grupos de investigación en biomedicina en

España, financiando su actividad científica y acompañándoles a lo largo de toda la cadena de valor del conocimiento. En 2010, se evaluaron 47 nuevas ideas; desde hace seis años, un total de 195. Además, se han solicitado 5 patentes internacionales —39 desde que arrancó el programa— y se han iniciado 6 proyectos competitivos, es decir, con un compromiso de explotación. Ejemplo, dicen, de ese cambio de la cultura en el que el conocimiento debe convertirse también en motor económico. ■

El Caracol, en Belice; Cival, en Guatemala, y la peruana Caral son algunas de las inmemoriales metrópolis descubiertas en los últimos tiempos



Ciudades perdidas... y recuperadas

El Caracol (Belice), metrópoli maya cartografiada por dos arqueólogos estadounidenses mediante el sistema LiDAR.

La cosecha de urbes perdidas nunca se acaba. Cuando parecía que el hallazgo de antiguas metrópolis escondidas en la selva o bajo las dunas pertenecía a la época heroica de la arqueología, los investigadores se han puesto a exhumar ciudades olvidadas, a menudo ayudados por los portentosos avances tecnológicos.

■ POR **Pablo Francescutti**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

LAS CIUDADES PERDIDAS ESTÁN hechas de la materia de los sueños. La legendaria El Dorado, pavimentada de oro, o las Siete Ciudades del Cíbola, la mítica Paititi o la Ciudad de los Césares, estas últimas presuntamente escondidas en un paraje andino o patagónico, refugian en el repertorio de metrópolis encantadas

cuyas promesas de riquezas sin cuento cautivaron a sucesivas generaciones de europeos. Sueños muy persuasivos, sin duda, capaces de impulsar a los aventureros por lugares impracticables, y también a los arqueólogos, cuyos afanes a menudo los llevaron a exhumar urbes bien reales, como Troya, Cnosos o Micenas.

De aquellas leyendas ha quedado un poso que se remueve cada vez que alguien afirma haber dado con una ciudad escondida en parajes recónditos. Ciertamente, algunos descubrimientos sensacionales no son en verdad tan novedosos porque, como advierte Félix Jiménez, subdirector del madrileño Museo de América, con ciertos yacimientos



Geoglifos amazónicos de la ciudad de los *kuikuro*, miembros de la etnia *xinguno*; arriba, ciudad del “pueblo de las nubes”, en los Andes amazónicos.



La señal de los radares GPR rebota contra objetos enterrados e indica la profundidad a la que se encuentran.

Light Detection and Ranging (LiDAR), visualizaron las dimensiones reales de una metrópoli maya, El Caracol. El dispositivo funciona a la manera de un radar o sónar, pero en vez de ondas de radio o sonoras envía un láser que se abre paso por el follaje, cuyo rebote, informáticamente procesado, permite ver “a través” de la tupida selva tropical. A los arqueólogos les evita penosas prospecciones machete en mano, dejándoles concentrar tiempo y esfuerzos en las excavaciones. En total, Diane y Arlen Chase

nación de ordenadores portátiles, receptores de GPS y dispositivos GeoXH y GeoXT: la parafernalia más sofisticada en materia de cartografía por satélite. Equipados de tal guisa, Chris Fisher, arqueólogo de la Universidad de Colorado (EE.UU.), y los suyos elaboraron el primer mapa de un centro urbano de mil años de antigüedad, miembro del imperio tarasco que controlaba parte del oeste mexicano.

Los investigadores se distribuyeron sobre un terreno pedregoso y procedieron a trasegar datos con los satélites. Una vez procesados aquellos, se bosquejaron con precisión decimétrica los cimientos de templos, viviendas, una pequeña pirámide, plazas, terrazas de cultivo y montículos variados, todos ocultos bajo la vegetación y los cascajos, pero accesibles a las ondas hertzianas lanzadas desde las alturas. “¡Fuimos capaces de crear una tipología arquitectónica del sitio en tiempo real!”, se maravilla Fisher. Sin los dispositivos portátiles, hubieran necesitado varias temporadas de trabajo para disponer de una radiografía de la urbanización tarasca.

La tecnología más puntera no ha conseguido arrinconar los viejos métodos de toda la vida. Con frecuencia, ciertos yacimientos son “redescubrimientos”, excavaciones sistemáticas de sitios localizados décadas atrás y olvidados. Ocurrió con Cival, urbe maya redescubierta en 2004. Situada al noreste del Petén guatemalteco, fue explorada en 1911 por

pasa como con las obras públicas: “Son reinaugurados en función de las necesidades de publicidad y financiación”. Pero las maniobras mediático-crematísticas pergeñadas para explotar el aura fascinante que envuelve a las ciudades ignotas no deben empañar el valor de los hallazgos genuinos, que prometen cambiar las cronologías y la visión de las culturas concernidas.

En efecto, a lo largo y ancho del planeta van saliendo a la luz entramados urbanos de gran calibre. Y con frecuencia en ello tiene mucho que ver el empleo de nuevas tecnologías auxiliares. Un ejemplo: las pesquisas practicadas este mismo año por un matrimonio de arqueólogos estadounidenses en Belice. Utilizando una avioneta equipada con el sistema

dispararon unos 2.380 millones de pulsos mientras sobrevolaban la zona, hasta obtener 4.280 millones de medidas que, con ayuda del GPS, se plasmaron en imágenes en color de lo que la “alfombra verde” disimulaba. En solo cuatro días determinaron que la extensión real de El Caracol rondaba los doscientos kilómetros cuadrados, en vez de los veinticinco cartografiados hasta la fecha. “Aquí llegaron a habitar unos 150.000 mayas”, estima Arlen Chase, profesor de la Universidad de Florida Central.

Otra impresionante demostración de la eficacia de las nuevas técnicas arqueológicas: la localización en el año 2009 de un poblado vecino de los aztecas en la ribera del Lago Pátzcuaro, en Michoacán (México). Allí se aplicó una combi-

primera vez y posteriormente en los años ochenta. Por fin, el italiano Francisco Estrada-Belli encaró su estudio completo. Es una práctica habitual, explica Jiménez. “En las excavaciones que realicé en Mérida, en el Yucatán —recuerda—, me guié con un plano publicado en una revista de los años veinte por un experto estadounidense”.

Algo más que ruinas incaicas

La cosecha de descubrimientos incluye a Sudamérica. Quizás el más imponente sea Caral,alzada en el desértico valle del Supe (Perú), a 125 kilómetros al norte de Lima. Casas, templos, pirámides, mura-las y un anfiteatro en ruinas se extienden por un recinto de 66 hectáreas. Cuna de la civilización Chico, fue erigida hace 5.000 años, aunque solo estuvo habitada seis siglos. De este conjunto monumental, aspirante al puesto de urbe más anti-gua del Nuevo Mundo, ha dicho Mario Vargas Llosa: “Los templos y las mura-las de Caral, sus pirámides, sus plazas cir-culares y sus entierros y depósitos se extienden por un espacio considerable: unos trescientos kilómetros de ancho por cuatrocientos de largo. Su apogeo es con-temporáneo del Egipto de los faraones, las ciudades sumerias de Mesopotamia y unos 1.800 años anterior al de los mayas”. Descubierta en 1905, cayó en el olvido hasta 1994, cuando la arqueóloga Ruth Shady puso manos a la pala.

Actualmente, los subsuelos del colo-sal yacimiento están siendo explorados con radares de penetración subterránea (GPR, en inglés). La señal electromag-nética del radar se dirige contra el sue-lo y rebota contra objetos enterrados y estratos del terreno, además de indicar su profundidad según la duración de su trayectoria. Este artefacto resulta idóneo para buscar sin necesidad de excavacio-nes necrópolis disimuladas en suelos uniformes, como es el caso de la tierra arenosa de Caral.

El rosario de sorpresas se prolonga hasta la foresta amazónica. ¿Quién habría pensado que la jungla escondía una red urbana que cambiaría la visión de los mode-los urbanísticos precolombinos? Los pri-meros indicios datan de 1977, cuando un

Secretos del Viejo Mundo

En comparación con el Nuevo Mundo, apenas hollado por picos y palas, Euro-pa y Oriente Próximo han sido objeto de un ajetreo que no ha dejado piedra sobre piedra, por así decir. Por eso no resultan tan habituales los anuncios como el formulado el año pasado por el equipo del arqueólogo de Harvard Jason Ur. El investigador comunicó a la comunidad científica una novedad que podría disputar la autoría meso-potámica de ese gran invento que es la ciudad. En Tell Brak (norte de Siria), él y sus colegas dataron los restos de una ciudad construida al mismo tien-po que surgían los primeros centros urbanos en Mesopotamia. Pudieron determinar que hacia el año 3900 a.C.

floreció, en donde hoy se alza una colina, una población dotada de una prós-pera burocracia y de hábiles artesanos que confeccionaban delicados cálices de mármol, entre otras exquisiteces, para la clase dominante.

Conviene advertir que no fueron ellos los primeros en hundir el pico en esos peñascales; en los años treinta el inglés Max Mallowan y su esposa, Agatha Christie, pasaron una temporada haciendo excavaciones en el terreno. Pero ni Mallowan ni la que se convertiría en la Dama del Crimen contaban con una herra-mienta que ha beneficiado enormemente las prospecciones de Ur: las imáge-nes en alta resolución de Google Earth. “En Tell Brak se pueden distinguir has-ta los claros que despejamos en el terreno para instalar nuestras tiendas de campaña”, se asombra Ur. Para dar una idea del valor informativo de las imá-genes de yacimientos tomadas a grandes distancias, el investigador utiliza una analogía pictórica: “Si pegas la nariz contra un cuadro impresionista, distingui-rás colores y quizás algunas formas elementales, pero no será hasta que te alejes cuando verás cómo se convierten en un puente o en nenúfares”.

Contra lo que pudiera parecer, Asia no ha agotado su acervo de enigmas. “En India y China tampoco se ha excavado tanto”, sostiene Félix Jiménez, subdirector del Museo de América de Madrid. “Cabe esperar nuevos descu-brimientos, aunque sería raro que estos vayan a alterar las cronologías esta-blecidas en esas regiones, como sí podría ocurrir en América”. El descubri-miento del yacimiento de Xián (China), con sus famosos guerreros de terracota, es un buen aliciente y un ejemplo de que queda mucho por des-cubrir, sobre todo si a la panoplia tradicional del arqueólogo, compuesta por pico, pala, mapa y cantimplora, se añaden ahora herramientas prodigiosas como el LiDAR, Google Earth, el GPS o el GPR. ■



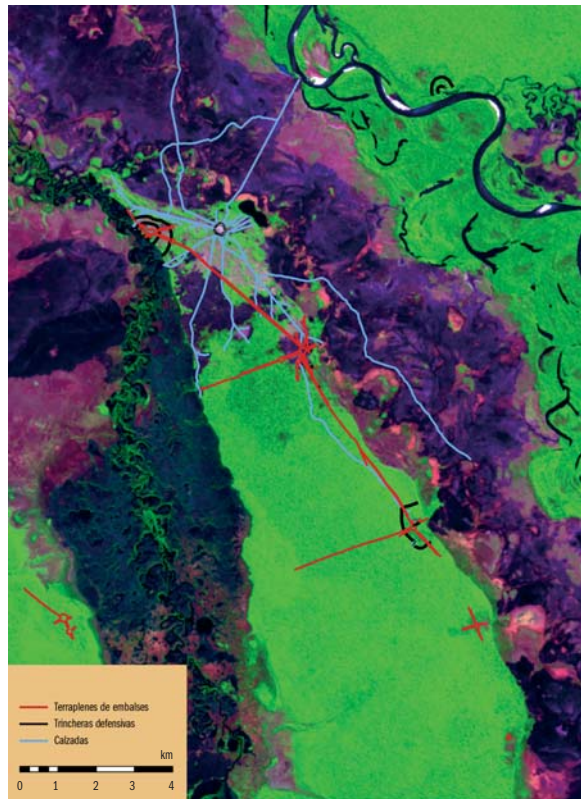
estudiante de geografía realizaba un cen-so arqueológico en el Alto Xingú (centro-sureste brasileño) y reparó en unos curio-sos túmulos que la deforestación había dejado al descubierto. Posteriormente, imágenes satelitales identificaron un gran

número de túmulos de forma circular, hexagonal y romboidal, denominados geo-glifos, comparables a las célebres figuras de Nazca —igualmente descubiertas gracias a las fotografías aéreas—. En 2003, las sendas visualizadas desde el satélite Omnis-



Guerreros de terracota del yacimiento de Xián, en China.

tar condujeron al arqueólogo estadounidense Michael Heckenberger y a su colaborador indígena, el cacique Afukaka, a la ciudad de los *kuikuro*: un racimo de poblados amurallados, organizados en torno a plazas ceremoniales, interconectados por una red de calzadas y geoglifos con una posi-



Imágenes de satélite del Alto Xingú, en Brasil.

ble función hidráulica. Esta sociedad, jerárquica y basada en una compleja planificación territorial, llegó a contar con 50.000 miembros y tuvo su cenit entre los años 1250 y 1650 de nuestra era, fecha en la que se derrumbó tras el contacto con los microbios que precedían a las huestes ibéricas.

Constructores de embalses

Los descubrimientos comunicados en *Science* han cuestionado la creencia en la imposibilidad de sociedades populosas y relativamente cultas en un entorno de suelos pobres, rigor climático y escasez de proteínas animales. En tales condiciones, se pensaba, solo podían subsistir bandas de cazadores-

recolectores, recluidas en las vegas de los ríos. La foresta amazónica, se deducía, era totalmente virgen. Mas esa virginidad se ha perdido, a tenor del hallazgo de geoglifos trazados hace ¡4.500 años! La fantasía de una prístina Tierra de Nadie cede lugar a la visión de un ecosistema de humedales en el que flora, fauna y humanos encontraron un *modus vivendi*. Los *kuikuro*, miembros de la etnia *xingúano*, construyeron embalses y lagunas con las que aprovechaban las inundaciones estacionales para atrapar peces. Posiblemente, domesticaron el cacahuete, la guindilla, la yuca, el tabaco, el cacao y el palmito. A ellos se atribuye la invención de la *terra preta*, la feraz capa de tierra negra que contrasta con el pobre suelo rojizo de la Amazonia, y que habrían creado añadiendo una mezcla de carbón vegetal y hollín, propiciando una intensa actividad microbiana que aseguraba su fertilidad.

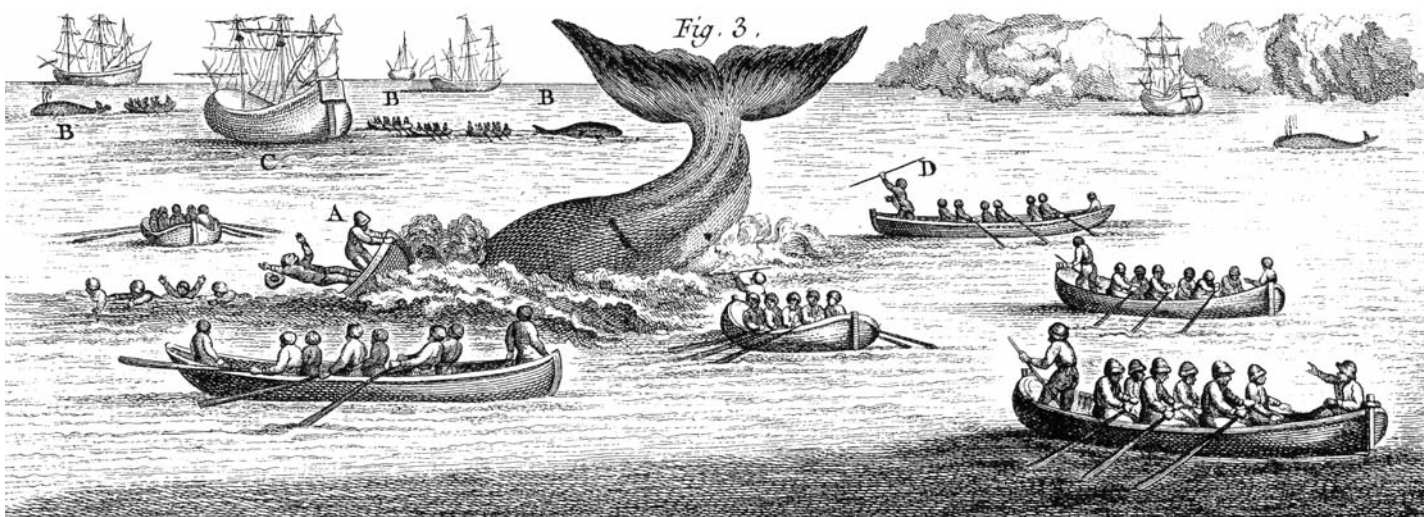
Se calcula que los geoglifos conocidos representan apenas la décima parte de los existentes en la región. Cuan-

do se hayan estudiado todos, quizá se revalorice el papel de las culturas amazónicas, las “parientes pobres” del mundo precolombino. Por lo pronto, cuestionan la premisa de que “el urbanismo actual, con su hiperconcentración, es la norma histórica”, asegura Susanna Hecht, experta de la Universidad de California Los Ángeles. “Las aglomeraciones menores que interactuaban con los bosques y la agricultura pueden haber sido más frecuentes de lo que pensábamos”, añade. “Dada la complejidad de los regímenes hídricos y bióticos de la Amazonia, un modelo descentralizado podría haberse adaptado mejor a un medio dominado por la presencia de grandes volúmenes de agua”.

La América precolombina seguirá dando que hablar, vaticina Félix Jiménez. “Este inmenso continente no fue investigado seriamente hasta el siglo XX. La arqueología americana se encuentra aún en mantillas y lo que hoy conocemos representa apenas la punta del iceberg”, afirma, y lo ejemplifica con la riqueza de novedades en los territorios mayas. “En el periodo clásico toda la selva del Petén estuvo urbanizada, al punto de que lo que hoy parecen dos ciudades diferentes, como Tikal y Uaxactún, formaban parte de un mismo tejido urbano”. Otra manera de decir que quien se ponga a cavar allí, encontrará algo con toda probabilidad.

En fin, que la búsqueda de ciudades perdidas en América y en el resto del mundo no cesará. Excusas no faltan: aún se ignora el paradero de Itjtawy, capital de la duodécima dinastía faraónica; la Aztlán de los aztecas, la carpetana Laminium, o la celtibera Urcesa, por citar algunos nombres. A buen seguro, mientras usted lector lee estas páginas, un arqueólogo se abre paso a machetazo limpio por la jungla, tras la pista de una fortaleza escondida; otros planean expediciones basándose en las fotografías de Google Earth sobre un posible emplazamiento, y algunos, más fantasiosos, traman con un grupo mediático la enésima expedición a la Atlántida. Como enseñó Italo Calvino en su deliciosa *Las ciudades invisibles*, el encanto de las urbes soñadas no se disipa fácilmente. ■

Durante siglos el hombre se adentró a ciegas en el océano en busca de comida o nuevas tierras. Navegar era un ejercicio de arrojo y de fe, y asaltar en su territorio al mayor habitante del planeta, la ballena, tuvo al principio la épica del combate desigual contra la bestia. En aquellos tiempos artesanales, los vascos de Francia y España —y luego pescadores de todo el Cantábrico— convirtieron la caza ocasional de los vikingos en una de las grandes industrias del Medievo. La Revolución Industrial invirtió la vieja correlación de fuerzas. Hoy los grandes cetáceos necesitan protección. Solo tres países —Japón, Noruega e Islandia— mantienen la práctica a gran escala, pero ya son demasiados. ■ **POR Arantza Prádanos, PERIODISTA.**



Cazar al Leviatán

HAY LEYENDAS NACIDAS DE REALIDADES insignificantes y otras, en cambio, que palidecen frente a los hechos contrastados. En la caza de la ballena por los vascos, “la historia está muy por encima del mito”, recalca José María Unsain, codirector del Museo Naval de San Sebastián. Una historia labrada a partir del siglo XIII a golpe de arpón, y una industria pionera que alumbró a media Europa y sujetó los corsés de la otra mitad antes de ceder el testi-

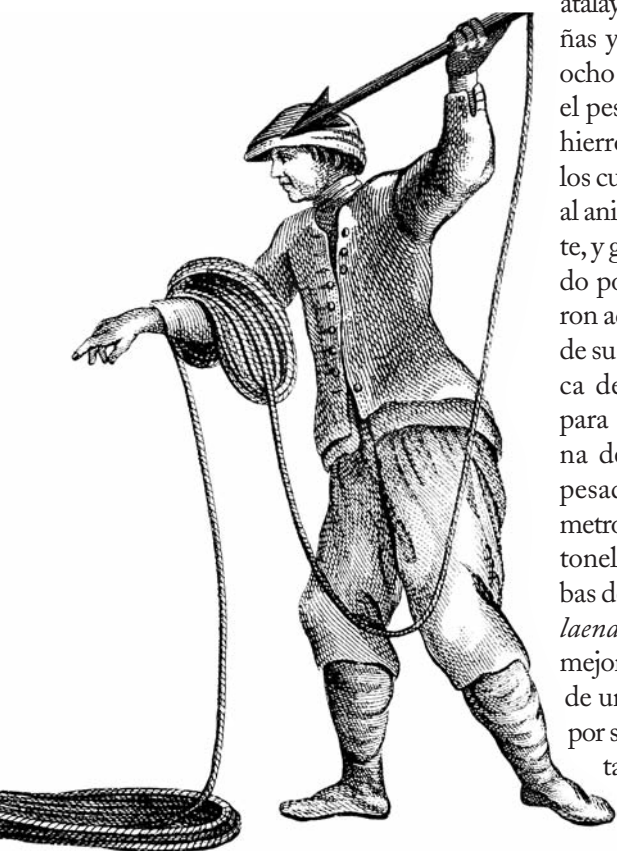
go a flotas lejanas. Unsain guía al visitante a través de una exposición también precursora, *Baleazaleak. Cazadores de ballenas*, “la primera sobre el tema que se hace en Euskadi y, que yo sepa, en España”. Curioso, dada la relevancia económica, “en hombres, en dinero y en el influjo que esta pesquería tuvo en Europa con el correr de los siglos”, apunta el comisario.

El puerto donostiarra, donde se encuentra el Museo, fue el epicentro

del mismo de la pujante actividad ballenera vasca a este lado de los Pirineos en su época dorada de monopolio, el siglo XVI. Hoy no queda ni rastro de aquella herencia, aparte de los recopilados para la exhibición, abierta hasta comienzos de 2012. Fósiles, arpones primigenios, restos de chalupas, sellos heráldicos, legajos, documentos oficiales, estampas y grabados con toda la imaginaria medieval —Jonás y la ballena, el Leviatán...— cuentan la historia más temprana, que en

Europa arranca entre las brumas de Escandinavia.

Nadie discute a los *hijos de Odín* su condición de adelantados, también en esto. Los indicios de aprovechamiento del animal —huesos de ballena con marcas de filo cortante— se remontan como



Luz y Hendaya, en el País Vasco francés, y San Sebastián, junto a las de Orio, Pasajes, Hondarribia, Mutriku, Ondarroa, Bermeo y otras en el lado español, se dieron con frenesí a la nueva pesquería. Acunaron la mejor técnica de captura desde la costa: un sistema de alertas desde atalayas, el uso de chalupas pequeñas y maniobrables, de seis a ocho hombres cada una, con el pesado arpón manual de hierro sujeto a una estacha, los cuchillos para desangrar al animal y acelerar su muerte, y ganchos para el remolcado posterior a puerto. Y contaron además con la colaboración de su víctima, la ballena franca del norte, motejada ya para siempre como “ballena de los vascos”. Lenta, pesadota, de unos quince metros de longitud, cuerpo de tonel y boca enorme con barbas de dos metros, la *Eubalaena glacialis* tiene como mejor rasgo distintivo a ojos de un pescador el de flotar por sí misma una vez muerta. Con su ironía proverbial, los ingleses la bautizaron “*the right whale*”, la ballena fetén.



Escudo de Mutriku y sello de Hondarribia, con alusiones a la caza de la ballena.

para velas y candiles, pinturas, barnices, jabón, carne, barbas para corsés, se vendían por toda Europa; hasta las venencias de escanciar jerez requerían la fibra córnea de los cetáceos.

En el siglo XVI, la historia y el mito ballenero se agigantan al otro lado del Atlántico. Con la conquista de las Américas en plena ebullición, los balleneros vascos acometieron la suya propia más al Norte. No consta cuándo arribaron al Ártico canadiense, pero el explorador bretón Jacques Cartier descubrió la desembocadura del río San Lorenzo en 1534 y describe ya en sus primeras crónicas una colonia asentada de un millar de vascos. Habían llegado, se cree, la década anterior al reclamo del bacalao que explotaban franceses y portugueses. Una vez allí, toparon con un premio mejor: miles de ballenas francas y de Groenlandia —*Balaena mysticetus*— nadando en el estrecho de

Belle Isle, entre la península de Labrador y la isla de Terranova. En los años de apogeo pudo llegarse hasta cuarenta barcos balleneros fondeados en más de una docena de puertos. El de Red Bay, en la costa continental, alberga hoy la mejor colección de restos arqueológicos y pecios de la época. La directora del museo local, Cindy Gibbons, no lo duda. “Creo que puede decirse que la parte más importante de la caza ballenera de los vascos se concentraba en Red Bay y en Labrador”, asegura.

Toponimia, cementerios con lápidas y enterramientos de balleneros; documentos oficiales, testamentos, relatos de testigos y restos arqueológicos dan testimonio de una presencia y actividad frenéticas durante décadas. A finales del XVI la pesquería decayó. Probablemente por sobreexplotación. Por muy artesanal que fuera, se calculan unas 20.000 o más ballenas abatidas durante las décadas centrales de la hegemonía en Labrador. Años después el declive llegó a la caza

Si en el pasado la caza de cetáceos fue sinónimo de progreso y prosperidad, ahora es un anacronismo que ha pasado de la gesta al repudio internacional

poco al siglo IX, y se cree que difundieron el hábito en sus correrías por la costa normanda y bretona. Hay pocos datos para seguir el rastro de la caza ballenera de los vikingos hasta el Golfo de Vizcaya, o que expliquen la adopción de esta práctica en el País Vasco hacia el siglo XI y su eclosión en el XIII. Puede que “una organización socioeconómica más favorable”, a juicio de Felipe Valdés Hansen, historiador y autor de *Los balleneros en Galicia (siglos XIII al XX)*. Sea como fuere, las cofradías de Ciboure, San Juan de

Labrador y Terranova

Copados sus puertos, los balleneros vascos se expandieron por todo el litoral cantábrico y Galicia, donde arrendaron puertos y derechos de captura de ballenas durante más de tres siglos, e iniciaron a los locales en la pesquería. La industria estaba sujeta a una estricta reglamentación y a un tributo a la Corona española. Bilbao y Vitoria se convirtieron en centros financieros de la actividad ballenera, y Burgos “en centro asegurador”, destaca Unsain. Los barriles de grasa

Mal año para Japón, bueno para las ballenas

A Japón se le complica mantener la captura de ballenas bajo el simulacro de “caza científica”. Un *stock* de 6.000 toneladas de carne congelada sin vender, escándalos de corrupción y unos subsidios públicos en peligro tras la debacle económica provocada por el terremoto y el *tsunami* del pasado 11 de marzo pueden hacer descarrilar a la industria ballenera nipona. Este año, sus enormes buques factoría han cerrado la campaña antártica sin completar sus propios cupos. Tampoco lo hicieron el año pasado ni el anterior. A Greenpeace le gustaría ver desaparecer la caza comercial —también la practican, a pesar del veto internacional y a menor escala, Noruega e Islandia— antes de un lustro pero, de momento, se concentra en sus principales demandas: “El respeto absoluto al santuario ballenero de la Antártida, la creación de otros nuevos y convertir la Comisión Ballenera Internacional [CBI] en un órgano de conservación”, recuerda Celia Ojeda, responsable de la campaña de Océanos. La caza carece hoy de sentido, insiste. La observación de ballenas vivas, el *whalewatching*, “es mucho más rentable en todo el mundo”. ■



Un grupo de ecologistas trata de evitar la caza de una ballena.

en el Cantábrico, muy mermada ya por igual razón. En una especie de haraquiri, pescadores vascos se enrolaron como instructores de caza en buques británicos y holandeses, exponiéndose a fuertes multas de sus propias cofradías y concejos balleneros, que veían peligrar el negocio. Para mediados del XVII el imperio ballenero de los vascos era historia.

En España, falta un ‘Moby Dick’

Pese a la abundancia de material para fabular, la literatura y el folclore no han acompañado. Pocos han glosado la epopeya de los balleneros del Cantábrico en la etapa del cuerpo a cuerpo, arpon en

ristre. Un trabajo extenuante, peligroso y sucio, en medio de toneladas de carne, sangre y grasa hedionda, pero rodeado de un halo romántico, de pioneros de fronteras inalcanzables. “Los balleneros llegaban siempre más lejos, iban donde nadie más, a los confines, el Ártico, o la Antártida”, destaca Felipe Valdés Hansen; a pesar de lo cual, “para ellos era tan normal como salir a pescar sardina”. En su estudio de 1961 sobre *Los vascos y la pesca de la ballena*, también Mariano Ciriquiain atribuye este silencio al natural prosaísmo de las gentes del mar. El caso es que aquí falta un *Moby Dick*. En su ausencia, la obra inmensa de Herman



José María Unsain, comisario de la exposición.

Melville, una de las novelas más extrañas jamás escritas, se ha adueñado del imaginario colectivo.

Melville destiló la mejor ficción a partir de un hecho real, la historia del *Essex*, un ballenero de Nantucket (Massachusetts) hundido por el ataque sañudo de un cachalote en mitad del Pacífico, en 1820. El cachalote, o *sperm whale*, y la valiosa grasa (*espermaceti*) de su gran cabeza, hicieron florecer los enclaves balleneros de Nueva Inglaterra y forjaron un emporio sin rival a finales del XVIII y el XIX, tras la etapa de predominio anglo-holandés. Allí, en Nantucket y New Bedford, terminó la caza artesanal de la ballena en el mundo. A partir de la Revolución Industrial las cosas serían muy distintas.

Aquí, sucesivos intentos de reflotar la pesquería fracasaron. La ballena de los vascos dijo *agur*. En 1901 se cerró en Orio un capítulo secular; un 14 de mayo fue arponeada la última *Eubalaena glacialis* en el litoral vasco. La villa guipuzcoana aún recrea cada año el episodio. Las francas del Norte desapare-



Varios objetos de la exposición *Balazaleak*. Cazadores de ballenas: a la izquierda, chalupas (arriba) y hueso de mandíbula (abajo); a la derecha, arpón explosivo con granada.

cieron del Cantábrico y de todo el Atlántico oriental. Se la creyó extinta, y casi. Quedan algunas refugiadas en latitudes septentrionales del Atlántico occidental; entre trescientas y cuatrocientas en todo el mundo, según la Agencia Estadounidense del Océano y la Atmósfera (NOAA). Siguen en peligro crítico, aunque la presión pesquera se aflojó hace décadas.

El epílogo de la industria ballenera en España se escribió a lo largo del siglo XX en Galicia. En los años veinte, en iniciativas hispano-noruegas, y en la segunda mitad de siglo con empresas locales como IBSA (Industria Ballenera, S.A.) y la conservera Massó Hermanos. El

gallegas a finales de los setenta. La presión de la opinión pública y los grupos ecologistas, y la adhesión de España a la moratoria decretada por la Comisión Ballenera Internacional a partir de 1986, pusieron broche a siete siglos de historia. El último cetáceo arponeado en España fue un rorcual común, en octubre de 1985. Así acabó “la única pesquería que iba bien en Galicia”, recuerda Valdés Hansen, partidario de diferenciar bien cuando se buscan los culpables del exterminio ballenero masivo del siglo pasado. “Los gallegos no lo fueron, desde luego”, subraya.

En la exposición del Museo Naval se exhibe el mejor símbolo de esa era negra,

un arpón explosivo con granada. La caza industrial a gran escala acabó con decenas de miles de rorcuales y cachalotes. En 1965 se marcó un récord histórico, 72.500 ejemplares capturados, la mayoría por las flotas rusa y japonesa. La moratoria ha funcionado solo a medias y en el último cuarto de siglo han muerto unas 25.000 ballenas, a pesar de su aprovechamiento residual. Del sinfín de usos que aún se daba a la grasa, carne y otros derivados en los setenta y los ochenta en todo el mundo —suplementos vitamínicos, margarinas y bollería industrial, así como cosmética, piensos ganaderos y comida de mascotas, además de lubricantes, líquidos de frenos, abonos y pinturas— apenas queda rastro. Todos han encontrado alternativas más incruentas. Aún hoy no se conoce mejor lubricante que la grasa de ballena para los ingenios que la NASA y demás agencias espaciales lanzan al cosmos, pero seguro que también podrán funcionar sin ella. ■



Los ingenieros de los bólidos quieren que la F1 deje de ser uno de los deportes menos ecológicos

FORMULA 1 ¿FORMULA VERDE?

Cada temporada, los monoplazas de la fórmula 1 emiten 215.588 toneladas de CO₂, según la Federación de Equipos de Fórmula 1. El ruido ensordecedor de las carreras, la necesidad de potentes carburantes y la fabricación de los coches han convertido este deporte en uno de los menos ecológicos. Pero los ingenieros de los bólidos del circo que comanda Bernie Ecclestone se han puesto a trabajar para que en 2013 la fórmula 1 sea también una “fórmula verde”. Entramos en la fábrica de Red Bull para descubrir si, también en este campo, ostentan la *pole position*. ■ POR Maruxa Ruiz del Árbol, PERIODISTA.



GEPIC PICTURES / MATHIAS KNEPEISS

El imaculado taller de Red Bull. A la derecha, el “túnel del viento”, que genera un chorro de aire a 500 km/h para estudiar la aerodinámica de los coches.

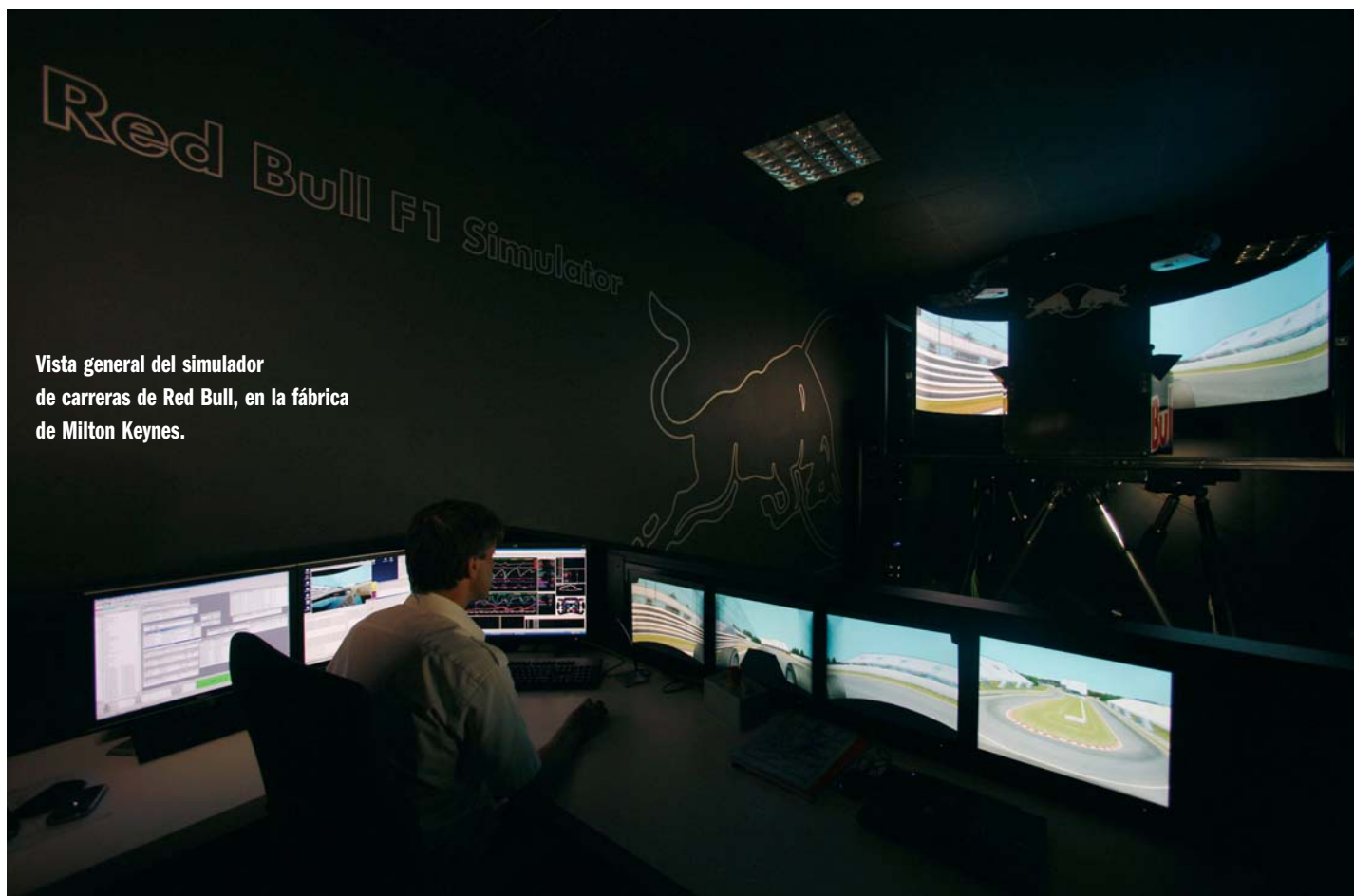
EL “RUGIDO” DE LA FÓRMULA 1, ESE sonido atronador que exalta a sus seguidores y caracteriza a las carreras, tiene sus días contados. Muchos aficionados aseguran que sin el estruendo del motor las competiciones perderán su encanto, opinión que comparte el propio dueño de la fórmula 1, Bernie Ecclestone. Sin embargo, la Federación Internacional del Automóvil (FIA) y la Asociación de Equipos de Fórmula 1 (FOTA) están persuadidas de que este deporte, cada vez más popular, ha de dejar el grupo de los más nocivos y lide-

rar la “tecnología verde” en el mundo del automóvil.

Silenciar la contaminación acústica es el más polémico de los pasos que quiere dar la fórmula 1 hacia la sostenibilidad, pero no el único. La FOTA impulsó en 2010 el primer *Estudio medioambiental de la fórmula 1*, realizado por la agencia Truscot, en el que calculó que las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por este deporte en 2009 habían ascendido a 215.588 toneladas. La mayoría de esos gases procedía del abastecimiento de materiales

para la producción de los bólidos. La segunda mayor fuente de emisiones radicaba en el uso de la electricidad derivado de la utilización del llamado “test del túnel del viento” y el proceso de manufactura, y tan solo un 0,3% fue consecuencia directa de las carreras y su consumo de combustible en la pista.

La preocupación por la ecología empezó hace años, con la integración de combustibles menos agresivos y más parecidos a los que se utilizan en la calle. Por eso la FOTA y la FIA, las dos máximas autoridades en el mundo de la fór-

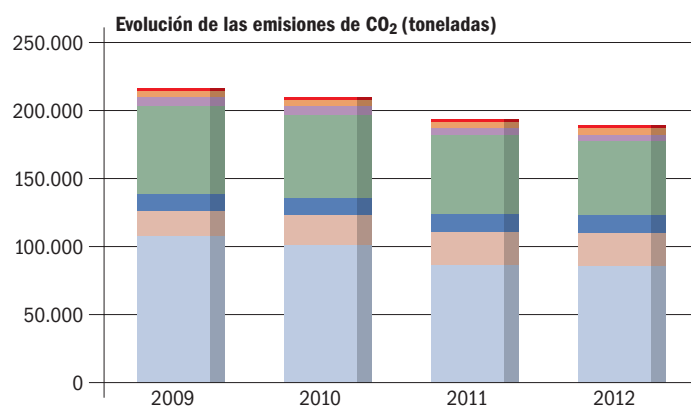
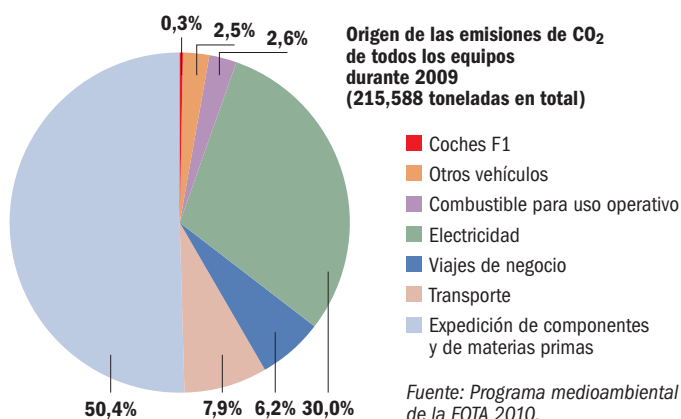


Vista general del simulador de carreras de Red Bull, en la fábrica de Milton Keynes.



Adrian Newey, director técnico de Red Bull, con el piloto Mark Webber en el premio de Valencia.

La herramienta principal en el taller es el ordenador, con él se analizan todas las variables de cara a una carrera.



mula 1, han decidido reducir un 12% las emisiones de CO₂ para 2012 con respecto a 2009. Además, ambas instituciones están haciendo lo imposible por persuadir a los equipos de que el mundial de 2013 ha de ser silencioso, para lo cual habrá que adaptar el diseño de los motores a los nuevos tiempos y fabricarlos con cuatro cilindros, en vez de los ocho actuales. Esta mejora reducirá, además, un 35% el consumo de combustible. El cubicaje se bajará hasta los

1.600 centímetros cúbicos y, en compensación, se sobrealimentarán con turbocompresor. El informe medioambiental de la FOTA midió las emisiones a partir de tres equipos de F1: McLaren, Renault y Force India, que representan equipos de los segmentos grande, medio y pequeño.

El cuartel general de Red Bull

La revista *Estratos* ha logrado “colarse” en la fábrica donde Red Bull manu-

factura sus coches, en Milton Keynes, a cincuenta kilómetros de Londres. Traspasar el umbral de esta catedral de la fórmula 1 no es fácil. Allí, la escudería ganadora del Gran Premio de 2010, y la favorita de 2011, guarda con celo las claves de su éxito y cualquier visitante es tratado como un potencial sospechoso de espionaje industrial. En esta fábrica hipertecnológica se han diseñado las 4.000 piezas que dan forma al coche favorito de este mundial

KERS: reutilizar la energía de la frenada

Los frenos al rojo vivo de un coche de carreras son la clave de una de las grandes esperanzas acariciadas por la fórmula 1 ecológica. Esa imagen es el reflejo de la disipación de la energía cinética del coche en movimiento que se transforma en calor. Los ingenieros de la F1 sueñan con utilizar esa energía de la forma más eficiente, en vez de dejar que caliente el ambiente.

El acrónimo KERS responde a las siglas Sistemas de Recuperación de Energía Cinética y es el nombre de la tecnología que se está desarrollando a grandes pasos. La idea de la Federación Internacional del Automóvil (FIA) ha permitido configu-

rar esta temporada una parrilla de monoplazas híbridos que aprovechan parte de esa energía para adelantar y son capaces de aportar mayor potencia en la salida de las curvas. Así, los corredores tienen, además, una nueva fuente de potencia extra que hace aún más emocionante las carreras, junto con la técnica de alerones activables recientemente implantada.

La idea de aprovechar la energía de la frenada ya ha sido puesta en práctica en medios de transporte como tranvías híbridos y camiones. Además, es utilizada por coches como el Toyota Prius, el Honda Civic Hybrid o el Lexus RX 400H.

La diferencia entre las tecnologías empleadas en la fórmula 1 y los coches que circulan por la calle es enorme. Por eso los compradores no aprecian ninguna relación entre

Uno de los monoplazas de la escudería en el Gran Premio de Bélgica, en la temporada pasada.



los coches que conducen y aquellos que contemplan en la televisión. Los grandes fabricantes ven en el KERS un medio de crear de nuevo un lazo entre los monoplazas y sus utilitarios, además de hacer la tecnología híbrida más atractiva para los compradores, fomentando así la compra de modelos dotados de esta.

Para acumular la energía en los bólidos, existen sistemas hidráulicos, eléctricos (baterías y condensadores) y mecánicos (volantes de inercia). Los tres frentes de investigación están abiertos y las escuderías disponen de grupos de ingenieros que trabajan en ellos. Aun así, los sistemas hidráulicos son los que cuentan con menos posibilidades a la hora de ser implantados. Aunque ofrecen un alto rendimiento, se carac-

terizan por ser voluminosos y más pesados que los demás; mala cosa, porque la FIA tiene establecido un límite de peso para cada coche de 640 kilos, con el conductor incluido.

Los condensadores y volantes de inercia cuentan con la capacidad de almacenar y suministrar energía a las baterías en tiempos inferiores, siendo de este modo los más aptos para la competición. Además son más ligeros que las baterías, lo que en las carreras supone una ventaja descomunal. En este caso, se está barajando la construcción de un volante de inercia acoplado a la caja de cambios que, por medio de un botón situado en el volante, transmita la energía y aumente la aceleración. Una idea sostenible que intenta aportar una “fórmula verde” a la fórmula 1. ■

y es aquí donde se han comenzado a introducir algunos parámetros para reducir emisiones.

Cualquier comparación con un taller al uso es inútil, pues se parece más a un centro de investigación de la NASA. Las paredes y el suelo son blancos. Ni una sola mancha de grasa. Aquí la herramienta más utilizada es el ordenador y el corte de las piezas del chasis se talla en una urna de cristal con un láser de color verde, todo de forma automatizada y lejos de la mano del hombre.

Red Bull ha introducido en su producción un potente *software* informático de Siemens que ha logrado una reducción de un 30% en las emisiones de CO₂. Por eso, aunque en este Gran Premio de 2011 sus coches emitirán la misma cantidad de ruido y de gases de efecto invernadero, la huella ecológica de su producción habrá sido mucho menor. El *software* se llama PLM (Product Lifecycle Management) y es una herramienta casi mágica. Los 180 ingenieros de la sala de diseño idean cada pieza teniendo en cuenta hasta el más pequeño detalle, incluso el peso y las habilidades del piloto, sin tener que construir físicamente cada parte. PLM analiza y mejora todos los componentes de los bólidos de Red Bull, a excepción del motor, que es entera responsabilidad de Renault. Sin moverse del ordenador se modifican los materiales, el combustible, la aerodinámica y los elementos de seguridad, ahorrando así la manufactura de muchas piezas.

“El *software* ha permitido reducir el 75% del tiempo de manufactura, porque ha eliminado partes del proceso tradicional —señala Steve Nevey, el cerebro que está detrás del diseño del coche y que nos acompaña a través de las salas del insólito taller—. La eficiencia energética siempre se ha manejado en la fórmula 1: desde el principio se ha buscado un menor consumo de combustible, para aligerar el coche, y una forma aerodinámica del bólido que elimine la resistencia del viento. Pero ahora nuestras energías no se concentran solo en las ideas que nos ayudan a mejorar en la carrera, sino también en lo que es mejor para el medio ambiente”.

En el recorrido por la fábrica, la siguiente experiencia futurista es la llegada al “túnel del viento”. La enorme cantidad de electricidad necesaria para generar un chorro de aire a quinientos kilómetros por hora es uno de los procesos que más energía consume. Después de la producción del coche y la obtención de materiales, el uso de electricidad es el factor de la fórmula 1 que más CO₂ emite a la atmósfera, según el estudio medioambiental de la FOTA.

Para comprobar la resistencia al viento, una copia a escala del coche se coloca delante del chorro de aire a fin de simular la velocidad a la que se va a mover el bólido. Gracias a los sensores de calor, se localizan las zonas que ejercen más presión al viento y es posible mejorarlas y hacerlas más aerodinámicas.

Ecclestone, a favor del ‘rugido’ de la F1

Los nuevos motores que se usarán desde 2013 han sido objeto de debate entre el presidente de la FIA, Jean Todt, y el jefe ejecutivo de este deporte, Bernie Ecclestone. Todt quiere una fórmula 1 más ecológica, pero los 1,6 litros de cubicaje con cuatro cilindros turbo no parecen convencer a Ecclestone, que ha declarado públicamente que está “en desacuerdo” con la medida. Ecclestone, dice, echará de menos el rugido de la fórmula 1. Por su parte, los ingenieros también han alertado respecto a la pérdida de sonido derivada de los nuevos motores.

Todt sostiene que su propuesta es “mera evolución”. “Hace dos décadas —dice—, teníamos motores de doce cilindros; ahora tenemos solo 2,4 litros en motores de ocho válvulas. Creo que es muy importante que la fórmula 1, dado que es la cumbre del automovilismo, sea consciente de la evolución de la sociedad y, definitivamente, decida ser más ecológica con la introducción de más tecnologías en el futuro”.

Entre los partidarios de un coche más silencioso se encuentra el asturiano Fernando Alonso, de Ferrari, quien ha elogiado la idea. “Para el piloto —afirma— no será un cambio muy grande. En el *cockpit* oímos solo el 5% o el 10% del ruido. Por supuesto que para los fans es muy importante, pero estoy seguro de que los ingenieros trabajarán, por ejemplo, con el tubo de escape. Así, se asegurará que el sonido sea *sexy*”. ■



ATyC a Tenedor y Cuchara

Propuestas veraniegas

LA PRIMERA INCURSIÓN de este Sollastre en esta segunda etapa ya justificó la necesidad y congruencia de dos ciencias tan aparentemente alejadas como la geología y la gastronomía. Las dos hunden sus raíces en las entrañas de la tierra, pues esta es consustancial a ambas. Pero mientras la primera se expende en gruesos y sesudos volúmenes que tratan fundamentalmente de las profundidades de nuestro planeta, la segunda se expone sobre platos calientes o fríos para deleite de geólogos o cualquier otro espécimen capaz de degustar sabores complejos (incluso economistas aterrados).

Una sombra despejada

No es objeto de esta página introducir la política en la mesa, pero no puede este Sollastre pasar por alto el atentado que se ha cometido contra un humilde ingrediente de ese maravilloso y refrescante plato veraniego que es el gazpacho. Me estoy refiriendo, como mis lectores habrán adivinado, al pepino.

Este producto, zaherido por ignorantes malintencionados, nos acompaña desde hace siglos y es una fuente refrescante para estos calurosos días del estío.

Y hablando del gazpacho, que no debe confundirse con una mezcolanza descoordinada de vegetales, queremos señalar algunos templos donde, aparte del domicilio particular de cada uno de los lectores de ATyC, puede encon-

trarse en su prístina preparación.

Estoy seguro de que cada uno de ustedes tiene su propia receta, ya que desde sus orígenes —tomate en trozos, pepino, agua y aceite— la manera de prepararlo ha venido evolucionando en función de las modas al uso. Creo que podremos ponernos de acuerdo en que sin tomate no es posible el gazpacho, pero a partir de este primer ingrediente, podemos encontrar numerosas variedades.

Y por supuesto, como los tiempos vienen con prisas, la industria agroalimentaria ha desarrollado una atención especial para este preparado, ofreciéndolo en en-

tendrá sus preferencias, pero permítanme recomendarles el honesto “Jarro Alegre”, ofrecido por una cadena alimentaria teutona, aunque fabricado en nuestro territorio y, más concretamente, en Andalucía. Se trata de un preparado totalmente equilibrado y elaborado siguiendo la receta tradicional. Si acaso se le puede acusar de un retrogusto a pepino, pero, ¿no se trata de reivindicar esta humilde hortaliza? Además, su precio, ateniéndonos a la situación de crisis que nos rodea, no dejará nuestra cartera con telarañas.

Volviendo al panorama restaurador, hay que evitar su consumo en aquellos res-



El gazpacho, lo más refrescante contra la canícula.

vases refrigerados que ayudan a su consumo. Toda cadena de supermercados que se precie ofrecerá al menos dos o tres marcas que satisfagan las necesidades o gustos de sus clientes. Estoy seguro de que cada uno de ustedes, amables lectores,

taurantes orientados a nuestra primera industria nacional: el turismo. Así pues, debemos alejarnos de aquellos establecimientos situados en el centro de nuestras ciudades, ya que en ellos la abundancia de agua y pan nos hará des-

preciar un producto honesto y barato.

Centrémonos, pues, en aquellos establecimientos que, según este humilde Sollastre, pudieran deparar algún descubrimiento para los, espero, numerosos seguidores de estas páginas.

Empezaremos por *El Bocaíto*, un restaurante andaluz de Madrid (Libertad, 6), donde la temporada de verano se inaugura con un gazpacho muy equilibrado que nos hará iniciar nuestra pitanza calmando la sed que, en esta estación meteorológica, nos habrá acompañado hasta los manteles. Y ya metidos en faena, antes de probar sus frituras de pescado, fritas en su punto justo de aceite, podremos deleitarnos con una tapa única, imposible de encontrar en cualquier otro lugar de esta enorme metrópoli en la que se ha convertido la capital de las Españas. Nos referimos al “Luisito picante”, cuyo nombre recuerda a su malogrado fundador. No es alimento recomendable para estómagos delicados, pues se trata de una combinación de picantes (chiles variados y pasta de pimiento aragonés) que deja en mantillas a cualquier producto mexicano que puedan ustedes degustar en alguna de las numerosas cadenas *tex-mex* que nos invaden. Lo curioso es que su ingesta, tras un ataque furibundo a nuestras papilas, permite disfrutar a continuación de cualquiera de los numerosos platos que se nos ocurra. Para terminar esta reseña, conviene destacar las innumerables ensaladas que Pepe prepara a la vista de los comensales en la



Hay que saber tirar la cerveza: tras colmar el vaso, la espuma debe escurrir fresca.

barra, que domina con su poderío de viejo *gourmet* (a destacar la de remolacha y rabanitos).

Si queremos disfrutar de un gazpacho más novedoso, les recomiendo el que prepara Rogelio Barahona en su *Urkiola Mendi* (Arturo Soria, 51). Aquí, la sandía —otro producto veraniego— acompaña los sabores tradicionales del gazpacho, dándole —todavía más— un punto de frescor insólito. Y sentados aquí, no debemos dejar de probar su hamburguesa de buey gallego, que se mantiene en la carta desde el principio, aunque Rogelio la cambie cada dos o tres meses. La mudanza desde el barrio de “la Prospe” a este nuevo local ha asentado una cocina honesta en un marco sumamente agradable que se transforma en terraza en las noches de estío. Además, no dejen de estu-

diar su cuidada lista de vinos, donde encontrarán una selección de caldos novedosos que nos evitarán recurrir al consabido “sota, caballo y rey” al que nos tienen acostumbrados nuestros restauradores. Y si tienen dudas, dejen que Antonio les aconseje.

Espumas refrescantes

La canícula que nos envuelve —son 39 grados centígrados los que marcan los termómetros de este caluroso Madrid en los finales de junio— obliga a reseñar algunas cervecerías que expenden ese preciado líquido rubio que acalla nuestra sed con el ligero toque de lúpulo que ha de poderse notar.

La cerveza, de cuya existencia se tiene probada constancia desde hace cientos de años, es una bebida que se comenzó a elaborar en ancestrales monasterios de la

vieja Europa. Es en la Baja Edad Media, cuando se originó una costumbre que ha llegado hasta nuestros días, la de cocer el mosto de los cereales con los que se fabrica, con flores de lúpulo.

Respecto a la cerveza y su rito de servirla, traigo a colación la experta explicación de mi buen amigo Pablo, de *El Atómico* (Meléndez Valdés, 58): para que una cerveza nos deje todo su sabor es necesario tirarla y, tirarla, significa eso, que una vez lleno, el vaso siga escurriendo por las paredes antes de presentárselo al cliente con el consabido golpe sobre el mostrador. Así pues, desconfiemos de los locales donde la caña se sirve pegada al grifo al objeto de que no se derrame ni una gota.

En *El Atómico*, además de encontrar la mejor cerveza de barril de Madrid, encontraremos —si la

patrona tiene a bien sentarnos en alguna de sus escasas mesas— un exquisito marisco a precio ajustado y un solomillo inalcanzable en ningún otro lugar, servido vuelta y vuelta con un toque de sal que se disuelve entre medias de su carne jugosa. Hagan la prueba, que nunca falla, de usar el tenedor para cortarla y comprobarán de qué estamos hablando. Frecuentado por gente del barrio, no faltan tampoco los tahúres y vacibolsillos compañeros de este Sollastre. Su nombre verdadero —*Casa Morales*— no oculta que lo de *Atómico* proviene de gentes del sector nuclear que a veces se desuelgan por allí.

Y hablando de marisco, viene a la memoria de este escritor la buena cerveza que siguen expendiendo en la *Cervecería Santa Bárbara* (Plaza de Santa Bárbara, 2). Aunque quedan lejanos los tiempos en los que solo se despachaba cerveza, hoy todavía los camareros que atienden las mesas —una institución— cobran las consumiciones en función de los tradicionales posavasos de fieltro que van acumulándose en las mesas.

Como cada uno de ustedes tendrá sus preferencias, permítanme apuntarles algunos locales que le traen a la memoria de este viejo deslenguado, otros tiempos en que las amistades —largas o cortas— se hacían en las tascas y bares en vez de en los consabidos ciberespacios actuales.

Así, no deben pasar de largo por *El Greco* (Blasco

de Garay 20), donde el serpentín tradicional nos deja una espuma pegada al vaso que demuestra la calidad del tirador.

En la plaza de Santa Ana, 6, sigue presente la clásica *Cervecería Alemana*, cuyos primeros vasos se sirvieron en 1904 y fue frecuentada por Hemingway, que bebía como un barril y probablemente eso le ayudó en los duros años de la incivil guerra que soportó en Madrid entre 1936 y 1939. También era lugar de paso y de “pases” de aquel gran torero que fue Luis Miguel Dominguín.

Pero como este Sollastre sabe que sus lectores no son solo vetustos haraganes próximos a la jubilación, recomendamos algún lugar respetable de los nuevos locales puestos en marcha en este ocaso de la vida contemplativa que nos acecha. No es partidario este pinche de las franquicias, pero quizá porque está situada donde en su momento hubo otra tasca taurina de renombre (*Casa Puebla*), merece la pena visitar el *Gambrinus* de Príncipe de Vergara esquina Jorge Juan. También ha sido satisfactoria la visita a la *Cervecería Los Zuritos* (Príncipe de Vergara, 278), que fue uno de los primeros locales *cool* que abrieron en Madrid. Buena cerveza y buenas tapas.

Déjenme desearles unas felices vacaciones si es que tienen la suerte de poder disfrutarlas, y hasta el otoño, que como es época de vendimia dedicaremos ATyC a la enología y añadidos modernos, como las enotecas, vinotecas y copatecas. ■

NOTICIAS

por Manuel Toharia

DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Astronáutica

Fin del transbordador espacial

EL VUELO DEL TRANSbordador espacial *Atlantis*, en julio, señala no solo la última de sus 33 misiones al espacio sino, sobre todo, el final de una etapa que ha durado treinta años, durante la cual estas naves de ida y vuelta, híbridas entre los aviones normales y las cápsulas unidas a cohetes utilizadas todavía hoy por los rusos, han rendido servicios de incalculable valor pero han supuesto igualmente sinsabores y costes difícilmente asumibles. El sistema quizá nació ya obsoleto, dicen algunos expertos, y hay quien dijo que el programa debió ser cancelado definitivamente cuando se produjo el horrible accidente del *Challenger* en 1986, y aún más tras el no menos desgraciado accidente del *Columbia* en 2003. En todo caso, a partir del verano de 2011 ya no habrá más vuelos; es el fin de toda una era en la NASA...

Los cinco transbordadores —al principio, eran solo cuatro, pero el *Endeavour* fue construido para reemplazar al *Challenger* tras su trágico accidente— han realizado un total de 135 vuelos, y el coste global del programa se ha remontado a casi 200.000 millones de dólares, en valor actual de la moneda (unos 140.000 millones de euros). Los transbordadores, todos ellos idénticos entre sí, habrán llevado al espacio en esos treinta años del programa a



Con el despegue del *Atlantis* este verano, la NASA puso fin a la era de los transbordadores.

355 astronautas de dieciséis nacionalidades, entre ellos dos españoles, Pedro Duque y Miguel López-Alegría; en total, esos astronautas pasaron en órbita 1.327 días. Los aparatos han recorrido unos novecientos millones de kilómetros en sus viajes de ida y vuelta, dándole la vuelta al planeta varias veces al día. Por cierto, de esos 355 astronautas, 14 perecieron en la aventura, un 4%...

Curiosamente, el más interesante de todos los aparatos nunca fue utilizado en misiones espaciales porque era solo un vehículo de pruebas. Fue diseñado a comienzos de los años setenta y se llamó inicialmente *Constitution*, pero una campaña masiva de fans de la serie *Star Trek* hizo que la Casa Blanca sugiriera a la NASA el cambio de nombre por *Enterprise*, que como se sabe es la nave almirante de la fa-

mosa serie de fantasía-ficción.

Enterprise voló en pruebas en septiembre de 1976, solo cuatro años después del último viaje a la Luna de la nave *Apolo XVII*, en diciembre de 1972; y estuvo operativo como vehículo de pruebas hasta 1985, aunque nunca realizó misiones espaciales. Aquella nueva orientación de la NASA proclamaba bien a las claras su interés por la colonización con humanos del espacio próximo a la Tierra con fines científicos... y militares, y no tanto viajar con personas a la Luna o a los planetas.

El primer transbordador operativo fue el *Columbia*, que llegó a Cabo Cañaveral (ya bautizado como Centro Espacial Kennedy) en 1979. Su primer viaje tuvo lugar el 12 de abril de 1981 y llevaba dos tripulantes. En 1983 voló el *Challenger* (hasta 1986), en 1984 lo hizo el

Discovery, y en 1985, el *Atlantis*. Tras la explosión que destruyó el *Challenger* 73 segundos después de haber despegado, se requería un sustituto, el *Endeavour*, que no voló hasta 1992.

Al desaparecer los transbordadores —mucho más caros que los vuelos en cápsulas puestas en órbita por cohetes, y bastante menos reutilizables de lo que se dijo inicialmente (hay que reconstruirlos casi totalmente después de cada viaje)—, el contacto con la Estación Espacial Internacional dependerá ahora ya exclusivamente de las naves rusas *Soyuz*, al menos hasta el año 2015. Eso le va a costar a la agencia espacial estadounidense más de 2.000 millones de dólares, que le pagará a su homónima rusa ROSCOSMOS; pero, aun así, ese coste es muy inferior a lo que le costaría mantener los transbordadores. ■

Física Atómica

Descubren una misteriosa quinta simetría

LOS FÍSICOS DESCRIBEN LAS simetrías de los átomos cuando conforman la materia solo de cuatro maneras. Es cierto que en la naturaleza se dan muchas otras simetrías, pero a escala atómica las cosas son bastante más sencillas: solamente la rotación, la translación, la rotoinversión y la simetría por reversión temporal son aplicables al mundo de los átomos cuando se organizan para formar la materia. En estas simetrías, el movimiento que se produce da lugar a que se mantenga la misma estructura cristalina formada por los átomos antes y después del movimiento. Pues bien, un grupo de especialistas dirigido por el investigador hindú-americano Venkatesh Gopalan, de la Universidad de Pennsylvania (EE.UU.), ha demostrado la existencia de una quinta simetría llamada de rotación reversa (en inglés, *rotation-reversal symmetry*), que aparece cuando el giro de los átomos mantiene la simetría del conjunto tanto si es en sentido horario como antihorario. Las posibles aplicaciones de este descubrimiento están por ver; los físicos de todo el mundo creen que investigando las propiedades de los materiales cristalinos que posean esta quinta simetría se podrán descubrir propiedades macroscópicas, quizá enormemente interesantes para la química o la física de materiales. ■

SORBRAS

por
Manuel Toharia



Libros de ciencia... electrónicos y de descarga gratuita

El pasado junio, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (National Academy of Science) comunicó que, a partir del día 8 de ese mes, sería posible descargar gratuitamente las versiones en formato PDF de sus libros ya publicados y de los que se publicaran a partir de entonces. Ese catálogo incluye más de 4.000 libros, y el objetivo de la medida es difundir el contenido de las bibliotecas que almacenan no solo la citada Academia de Ciencias sino también la de Ingeniería (National Academy of Engineering), la de Medicina (Institute of Medicine) y el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council).

Hasta junio de 2011 ese contenido solo estaba disponible gratuitamente para países en desarrollo; con el nuevo cambio se pretende una mayor visibilidad de la ciencia que coordinan esas instituciones y, al tiempo, pasar de poco más de medio millón de descargas anuales a más de tres millones en 2012.

Los libros ahora accesibles versan sobre muy diversos temas; por ejemplo, agricultura, ciencias sociales y del

comportamiento, biografías y autobiografías, ciencias biológicas, computación y tecnologías de la información, y energía y conservación energética, además de educación, ingeniería y tecnología, medio ambiente y estudios ambientales, alimentación y nutrición, salud y medicina, matemáticas, química y física...

El acceso a la web que oferta los libros para su descarga gratuita se hace a través del enlace: www.nap.edu/

La industria audiovisual en España: escenarios de un futuro digital Corporación Multimedia Academia de las Ciencias y Artes de Televisión y Escuela de Organización Industrial Madrid, 2010



Dos organismos privados pero con enorme vocación didáctico-profesional se han unido para realizar, a través de otra empresa especializada en el tema, un análisis de los escenarios en los que se mueve, y se va a mover en un futuro próximo, la industria audiovisual en España. La digitalización de los contenidos y las emisiones ha llegado al sonido y a la imagen transmitidos bajo cualquier

sistema: cine normal o en relieve, televisión en abierto o codificada, contenidos informáticos para ordenadores, juegos de todo tipo para consolas cada vez más realistas, incluso instrumentos de investigación o aplicados, por ejemplo, a la imagen en medicina... ¿Es posible que todos esos contenidos puedan estar albergados, a la larga, en una especie de "nube" global, quizá demoledora, quizá omnipresente y, a lo peor, omnipotente? Vista la velocidad a la que van estas cosas, ¿cuál es la próxima etapa? Y, lo que aún parece más importante, ¿qué repercusiones tendrá en nuestras vidas cotidianas, en la economía de los países, cada vez más globalizada, en el orden político mundial, en la democracia, en suma? Preguntas apasionantes que este libro, denso y analíticamente exhaustivo, plantea y solo responde en parte. Como debe ser; porque hoy por hoy nadie parece tener la clave de este asunto...

Arte y ciencia: mundos convergentes Sixto J. Castro y Alfredo Marcos, editores Plaza y Janés Madrid, 2010

Rescatamos este libro aparecido a finales del año pasado porque su contenido es muy variado —obedece a la autoría de muy diversas personas, entre ellas quien firma estas líneas— y gira en torno a un tema que no ha dejado de estar en candelero desde hace siglos: las relaciones entre el arte y la ciencia. Es obvio que ambas actividades, y sus productos, forman parte inexcusable de la cultura que los se-



res humanos hemos ido acumulando desde hace milenios. Ambas dependen, además, de la creatividad, la inventiva, la capacidad de innovar de los seres humanos; todo lo cual depende, en última instancia, de la curiosidad que nos lleva a explorar caminos que conducen más allá del mensaje genético básico de los seres vivos: nacer, crecer, reproducirse y morir. Para cumplir esa finalidad, los individuos humanos no necesitan ni la ciencia ni el arte; ni las máquinas e instrumentos de los que se ha dotado para hacer mil cosas que nada tienen que ver, a priori, con la persistencia de la especie en el planeta. Al contrario, lo que hemos conseguido con nuestra curiosidad inteligente es proliferar en exceso, lo cual es tan malo como extinguirse poco a poco...

Eso no está en mi libro de Ciencias

Kate Kelly

Ediciones Almuzara

Córdoba, 2010

Se asoma a estas páginas una editorial cordobesa con un libro traducido del inglés (la autora es neoyorquina) realmente divertido. La realidad es que Kate Kelly no es científica, ni siquiera una divulgadora cien-

tífica sino una escritora muy curiosa que ha tenido enorme éxito con libros en torno a la salud, los negocios, los conflictos con adolescentes, la seguridad personal... y acabó escribiendo un millonario superventas: *Eso no está en mi libro de Historia*. Bien, pues aquí aborda, en esa misma línea, conceptos y anécdotas claves para comprender muchas de las cosas que ocurren en el mundo cotidiano y que tienen que ver, a veces de manera oculta y otras de forma más patente, con el conocimiento científico y tecnológico que la humanidad se ha ido dando en los últimos siglos, incluso milenios. Es fácil de leer, la redacción es amena —y la traducción lo respeta, lo cual es de agradecer— y los ejemplos que ofrece son de lo más claro e intuitivo para cualquier lector. Un libro excelente para las vacaciones. ■



El planeta Tierra

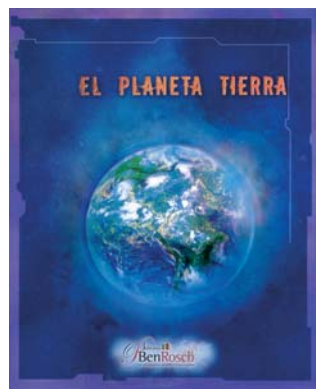
Biblioteca Ben Rosch

Contracento Ediciones

Córdoba, 2011

Hace cuatro años inició su andadura esta colección, que constará de cinco tomos, en

la que una serie de instituciones que apoyan la obra —Universidad de Córdoba, Junta de Andalucía, Cajal, Enresa y la editorial Contracento— pretenden contestar a las cien preguntas básicas que, sobre ciencia y tecnología, podemos formular los seres humanos en este inicio del siglo XXI.



Acaba de aparecer el tercer tomo, este que ahora glosamos, dedicado al planeta Tierra. Los primeros libros fueron *La energía y el medio ambiente*, que apareció en 2007, y *El ser humano y El planeta Tierra*, aparecidos en 2010 y 2011. Próximamente aparecerán los dos últimos tomos, con las cuarenta últimas preguntas, sobre *El Universo* y *La sociedad del siglo XXI*. Un esfuerzo editorial considerable —los libros están editados a todo color y profusamente ilustrados—, en el que cien autores diferentes, todos ellos grandes expertos en su disciplina y escribiendo textos que se esfuerzan en ponerse al alcance de todos y no solo de una minoría, ofrecen una panorámica autorizada y rigurosa, a la vez que amena, de lo que es y supone el mundo de hoy, y lo que, en cierto modo, nos deparará el mundo futuro. ■

SUSCRIPCIÓNestratos

Nombre y apellidos

Domicilio

CP

Población

e-mail

Provincia

De acuerdo con lo dispuesto en la vigente normativa, le informamos de que los datos que usted pueda facilitarnos a través del presente boletín de actualización quedarán incluidos en un fichero del que es responsable ENRESA, donde puede dirigirse para ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, oposición o cancelación de la información obrante en el mismo, bien a través de la dirección de correo electrónico registro@enresa.es o por escrito a la calle Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid. Los datos personales que se solicitan al suscriptor son los estrictamente imprescindibles para poder recibir la revista. Estos datos se tratarán únicamente para gestionar la lista de suscriptores y no se comunicarán a ningún tercero.



Río Tinto (Huelva).

Río Tinto, el análogo de Marte

PARECE LAVA, PERO NO LO ES. ES AGUA Y NO SE PUEDE BEBER. Bellas y hostiles a partes iguales, las aguas rojizas del río Tinto tienen una acidez altísima, con un pH cercano a 2, debido a la disolución de hierro, cobre y otros metales pesados que arrastra. Sorprendentemente, y a pesar de su acidez y falta de oxígeno, en sus aguas se encuentran bacterias que crecen oxidando los minerales del lecho del río.

Aunque no hace mucho se pensaba que su color era debi-

do a la intensa actividad minera de la zona a lo largo de la historia, recientes estudios parecen confirmar que son estos organismos extremófilos los responsables de su atractivo color. La NASA tiene en marcha allí el Mars Analog Rio Tinto Experiment (MARTE), y la Agencia Espacial Europea, el INTA y el Centro de Astrobiología también desarrollan diferentes investigaciones en el río Tinto, estudiando ambientes similares a los que podrían esperarse en Marte. ■



gravity

Sometimes the best ideas
are just that simple.

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC



Westinghouse

A Toshiba Group Company

**You can be sure...
if it's Westinghouse**

When we designed the **AP1000** nuclear reactor, we asked ourselves which would be more reliable, multiple arrays of electro-mechanical systems or gravity. To us, the answer is obvious, which is why the **AP1000** nuclear power plant makes use of the stable forces of nature to keep the nuclear reactor safe after any unforeseen event. No need for electrical power. No need for cooling water (that is already inside the robust containment building). No need for an operator to touch a single button for a full 72 hours.

Check us out at www.westinghousenuclear.com



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

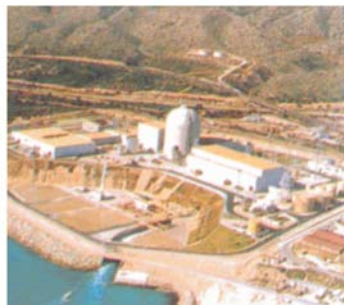
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

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

■ Tecnología

■ Experiencia

■ Dedicación



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

EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. es una Agrupación de Interés Económico (Ley 12/1991 de 29 de Abril) constituida por GHESA, TRSA, IBERINCO, SOLUZIONA INGENIERÍA y TRPI.

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