



Carlos Martínez,
inmunólogo y exsecretario
de Estado de
Investigación: "España
debe apostar por la
ciencia de riesgo"



**Enresa estudia las capas
de cobertura que protegerán
las estructuras de almacenamiento
de El Cabril y que devolverán
su aspecto inicial al paisaje
de la instalación cordobesa**

estratos

**Empresa
Nacional
de Residuos
Radiactivos
N.º 98
Primavera 2011**



**La probeta limpia:
la química celebra en 2011
su Año Internacional**

••••• 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

Un año en José Cabrera



EN FEBRERO SE CUMPLIÓ UN AÑO desde que Enresa asumiera la titularidad de la central nuclear José Cabrera para realizar su desmantelamiento. Un tiempo en el que la planta ya ha empezado a cambiar, y en el que pueden avanzarse los primeros mensajes de este proyecto.

En el ámbito de actividades realizadas, una de las más destacadas, por su impacto visual, fue el derribo de las diez torres de refrigeración, que han cedido su espacio a una campa para almacenar materiales convencionales procedentes de los desmontajes antes de su traslado a los gestores correspondientes. Y es que, en este primer año, el trabajo consistió en adaptar espacios, en ir quitando lo que ya no servía para reconvertirlo en algo útil en el momento de desmantelar las partes activas de la central.

Un ejemplo de esta filosofía ha sido el desmontaje de la turbina de la central. El gran edificio que la albergaba está ahora terminando su reconversión en centro de acondicionamiento de residuos radiactivos procedentes del reactor anexo.

Estas dos actividades, junto a otras similares, ponen de manifiesto el avance concreto de la obra, pero más de un año de trabajo en el emplazamiento nos ha dejado reflexiones de mayor calado para la empresa.

Desde el planteamiento del desmantelamiento de José Cabrera, la premisa de la seguridad fue clara y el hecho de dedicar el 30% del personal a esta disciplina se ha traducido en un año sin incidentes. Cada día acuden a trabajar unas 260 personas pertenecientes a 39 empresas distintas, un claro indicador de que el proyecto ha superado las expectativas de empleo expuestas en la transferencia de titularidad.

Y otro de los retos conseguidos es el que tiene que ver con la reutilización de los materiales. Hasta ahora se han

generado en la central más de 3.000 toneladas de materiales, todos ellos convencionales y que ya se han enviado a los gestores oportunos para su posterior reciclaje.

Durante este tiempo hemos ido compartiendo los detalles del desmantelamiento con la sociedad, bien a través de www.enresa.es con contenidos interactivos, vídeos, dossieres e información continua en un *weblog*; bien a través de las visitas a la central de medios de comunicación, delegaciones internacionales, representantes políticos, grupos de expertos, etcétera. Pero esto es solo el comienzo de una oferta de puertas abiertas que se verá reforzada este año con la apertura de un espacio informativo in situ para profundizar en el desmantelamiento.

Por ello queremos seguir compartiendo con la sociedad alcarreña, y con todos los colectivos interesados, el avance de un proyecto pionero en España, y que se realiza a través de una empresa pública como es Enresa.

En este primer año hemos puesto en marcha, y a buen ritmo, el proyecto de desmantelamiento cumpliendo nuestras máximas de seguridad, empleo, reciclaje e información. En los próximos meses abordaremos una nueva etapa con el inicio del desmantelamiento de las partes activas, un reto más tecnológico, una de las actividades más significativas de todo el proceso: el corte de los componentes internos del reactor. ■

José Alejandro Pina
Presidente de ENRESA

estratos

N ° 98 PRIMAVERA 2011

20

Baleares y la Península, unidas por un cable submarino

Miguel Ángel Mondelo



40

Los humanos también somos biodiversos

Mónica Salomone

44

Vivir en una ciudad eficiente

Belén Tobalina

48

Vitamina D, ¿la nueva panacea?

Manuel Toharia



52

Bailando con bisontes

Arantza Prádanos

56

Ciencia en la 'caja tonta'

Leticia Arenas



30

Actuaciones de reducción de volumen en la gestión de residuos radiactivos

E. Vico, A. Sánchez y M. Quirós

36

La guerrilla verde toma Londres

Maruxa Ruiz del Árbol

Tubos de ensayo
(iStockphoto)



4 Actualidad

59 Noticias de ciencia y tecnología

60 AT y C A tenedor y cuchara

62 Libros

64 Una imagen, cien palabras

Presidente: José Alejandro Pina.
Consejo Editorial: José Alejandro Pina, Ester Gómez, Arturo González, Jorge Lang-Lenton, Alejandro Rodríguez, Álvaro Rodríguez Beceiro, Armando Veganzones, 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 Barriós, 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, Maruxa Ruiz del Árbol, Mónica Salomone, Belén Tobalina y Jesús Vicenti.

IO

El Cabril: vuelta a su estado natural

El futuro de la instalación de El Cabril pasa por su integración paisajística. Sobre sus plataformas de almacenamiento, una vez llenas, se colocará una cobertura final formada por un conjunto de capas de suelo, elementos drenantes y materiales de baja permeabilidad. Enresa ha puesto en marcha un proyecto de investigación para determinar la alternativa óptima.

El Cabril: a return to the natural state (page 12)

Texto: Manuel Ordóñez



ENRESA

I6

Entrevista a Carlos Martínez, inmunólogo y ex secretario de Estado de Investigación

Carlos Martínez vuelve a su disciplina tras el paso por la política. A pesar del esfuerzo que supone reintegrarse tras seis años de ausencia, este leonés de la cosecha del cincuenta está resuelto a contribuir a resolver la ecuación entre células madre, cáncer y envejecimiento. Lo hace con entusiasmo, al frente de un equipo de diez investigadores, desde el Centro Nacional de Biotecnología.

Texto: Concha Barrigós



JORGE FERNÁNDEZ

25

La probeta limpia

Pocas ciencias como la química han contribuido más al bienestar de la humanidad, aunque su actividad industrial no siempre haya ejercido un adecuado control sobre sus efectos medioambientales. En este Año Internacional de la Química, reivindica su buen nombre enseñando la probeta, su símbolo universal, más limpia que nunca, demostrando así que puede generar hallazgos consumiendo menos recursos, evitando emisiones y mejorando la seguridad para no afectar a la salud ni al entorno.

Texto: Ignacio F. Bayo



ANQUE

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.

Enresa fabrica un nuevo tipo de contenedor para residuos de baja y media actividad que optimizará el almacenamiento

Los nuevos contenedores denominados CE-2b para almacenar residuos radiactivos de baja y media actividad comenzaron a fabricarse en El Cabril el pasado 16 de marzo, una vez superadas las pruebas funcionales y con la apreciación favora-



Un contenedor CE-2b es introducido en una celda.

ENRESA

ble del CSN. Este nuevo tipo de contenedor tiene las mismas características, materiales y dimensiones que el habitual en el centro, el CE-2a, pero con una diferencia: su altura es la mitad. El objetivo de estos nuevos contenedores es optimizar la capacidad de almacenamiento de las plataformas de El Cabril. Estos contenedores seguirán el mismo proceso que los CE-2a a la hora de ser almacenados. Su contenido se inmovilizará con hormigón y, una vez fraguado, se trasladarán a la plataforma para ser depositados allí. ■

El Consejo de Seguridad Nuclear constituye el Comité asesor para la información y la participación pública

El Comité asesor para la información y participación pública del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) celebró el pasado 24 de febrero su primera reunión en la sede del organismo regulador. A este primer encuentro, de carácter constitutivo, asistieron 34 miembros representantes del Estado, las Comunidades Autónomas, la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), la Asociación de Municipios en

Áreas con Centrales nucleares (AMAC), la Asociación Española de la Industria Eléctrica (Unesa), Enusa, organizaciones sindicales y organizaciones ecologistas. Enresa está representada por su presidente, José Alejandro Pina.

La misión de este comité es emitir recomendaciones al organismo regulador para garantizar y mejorar la transparencia, así como proponer las medidas que incentiven el acceso a la información y la participación ciudadana en las materias en las que dispone competencias. Estas funciones se encuentran recogidas en el artículo 15 de la Ley 15/1980, de 22 de abril.

Este comité, cuya presidencia corresponde a la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, se reunirá al menos una vez cada seis meses. ■

La Asociación Española para la Calidad visita el Centro Tecnológico Mestral

El pasado 23 de marzo, representantes del Comité de Industrias Energéticas de la Asociación Española para la Calidad (AEC) mantuvieron una reunión de trabajo y realizaron una visita a las instalaciones del Centro Tecnológico Mestral, en la antigua central nuclear Vandellòs I (Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant, Tarragona).

Este comité tiene por objeto promover, facilitar y mejorar la implantación de la gestión de calidad, medio ambiente y responsabilidad social en las empresas del sector de las industrias energéticas. Se quieren aprovechar las experiencias existentes y que estas sirvan para mejorar los resultados futuros.



Reunión del Comité asesor para la información y participación pública del CSN.

CSN

Durante la visita a la antigua central, la decena de representantes de la AEC centró su atención en los trabajos acometidos durante el desmantelamiento, así como en las fuertes medidas de seguridad adoptadas y los mecanismos de calidad utilizados durante ese periodo. ■

El OIEA evalúa las actividades reguladoras del Consejo de Seguridad Nuclear a través de una misión IRRS

En 2008, a petición del Gobierno español, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) realizó una misión IRRS (Integrated Regulatory Review Service) compuesta de expertos internacionales, cuyos resultados fueron presentados en Sevilla el 5 de noviembre de aquel año. IRRS es un instrumento para reforzar y mejorar la efectividad del marco regulador de los Estados miembros, así como sus actividades en el ámbito de la seguridad nuclear, basándose en la aplicación de la normativa del OIEA y en el consenso global y las visiones comunes de los reguladores experimentados de los Estados miembros. A finales del pasado enero, se llevó a cabo una segunda misión de evaluación que estuvo compuesta de cinco expertos internacionales coordinados por un representante de la Nuclear Regulatory Commission de los Estados Unidos.

La misión de seguimiento se ha centrado en los progresos acometidos por el CSN para dar respuesta a las recomendaciones y sugerencias recibidas en 2008, concluyendo que el CSN ha mejorado de for-

Diputados de la Comisión de Industria comprueban el proceso de desmantelamiento de la central José Cabrera



Los diputados de la Comisión de Industria, en las instalaciones de la central José Cabrera.

Parlamentarios de la Comisión de Industria del Congreso de los Diputados visitaron el pasado 23 de marzo los trabajos de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara).

Tras conocer a través de una presentación los pormenores del proyecto, los diputados recorrieron la planta, acompañados del presidente de Enresa, José Alejandro Pina, y los responsables del desmantelamiento de la instalación.

El grupo de parlamentarios estaba compuesto por Antonio Cuevas (presidente de la Comisión de Industria, Grupo Socialista), Jesús Alique (portavoz, Grupo Socialista), Jordi Jané (adscrito y vicepresidente cuarto del Congreso, CiU), Pedro Azpiazu (vicepresidente, PNV), José Luis Ruiz-Navarro Pinar (letrado), María José Fernández Aguerri (portavoz adjunta, Grupo Socialista) y José Segura Clavel (presidente de la Comisión Mixta para el estudio del cambio climático, Grupo Socialista). ■

ma significativa sus actividades reguladoras. Así, se han advertido buenas prácticas en aspectos tales como mejoras en la inspección y la comunicación pública, la interacción al máximo nivel del CSN con los titulares de las centrales nucleares para abordar aspectos relacionados con la planificación

estratégica, las inversiones en seguridad y los recursos humanos, y el establecimiento de marcos formales de cooperación entre el CSN y varias organizaciones gubernamentales, como por ejemplo el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, y el Ministerio del Interior, en el ámbito

de la protección radiológica y de la protección física.

También se han recibido recomendaciones y sugerencias para reforzar el organismo regulador español. Algunas de ellas son: establecer una política formal sobre la utilización de los órganos asesores técnicos para adoptar decisiones reguladoras de

Comienzan las obras de cierre de la primera línea de almacenamiento de la estructura de muy baja actividad

El pasado 21 de febrero comenzaron en El Cabril las obras para cerrar la primera línea de almacenamiento de la estructura para residuos de muy baja actividad. Una vez agotada la capacidad de almacenamiento de esa primera línea (la estructura dispone de un total de cuatro en la sección I), se procede al cierre cubriéndola con una lámina PEAD (polietileno de alta densidad) prote-

gida por otra lámina de geotextil por ambas caras. Esta lámina de PEAD impedirá que la aguas de lluvia entren en contacto con los residuos cuando se traslade la cubierta de la línea actualmente explotada.

Las obras de cierre se prolongarán durante un máximo de tres meses, a lo largo de los cuales habrá un periodo de interrupción de, aproximadamente, quince días para realizar el traslado de la cubierta a otra línea de almacenamiento.

Además, durante los trabajos de cierre de línea se colocan las tuberías y los drenajes necesarios para recoger las aguas de lluvia y canalizarlas hacia el exterior.

Una vez que se hayan completado y cerrado las cuatro líneas de almacenamiento de esta sección, continuará el almacenamiento en el nivel superior que constituya la sección II. ■



Colocación de la lámina de polietileno de alta densidad.

carácter técnico; acompañar el trabajo de los agentes relevantes hacia la consecución del almacenamiento definitivo de combustible gastado y de residuos de alta actividad, teniendo en cuenta los avances en el emplazamiento del ATC, y continuar trabajando con las autoridades competentes correspondientes y con otras organizaciones en los aspectos de regulación en el ámbito de la protección física.

En el transcurso de las reuniones celebradas con diferentes estamentos, Enresa participó a través del director en funciones de la División Técnica, Álvaro Rodríguez Beceiro. ■

Responsables de la gestión de residuos radiactivos australianos conocen el modelo de almacenamiento español

Representantes del Departamento de Recursos, Energía y Turismo (DRET) y

de la Organización de Ciencia y Tecnología Nuclear de Australia (ANSTO) se reunieron el 18 de febrero con técnicos de Enresa para conocer el programa y los proyectos de la empresa española, especialmente en



Los representantes del Departamento australiano de Recursos, Energía y Turismo, en la sede de Enresa.

el campo de la gestión de los residuos radiactivos.

La reunión se celebró en el marco del acuerdo de colaboración entre ANSTO y Enresa, y en ella se estudiaron las posibilidades de cooperación técnica en las actividades que actualmente tiene en curso el programa de gestión de residuos radiactivos australiano. Entre estas actividades está la construcción de un centro de almacenamiento para residuos de baja y media actividad, motivo por el que antes de este encuentro visitaron El Cabril.

ANSTO es un organismo del Gobierno australiano y entre sus actividades se encuentra la gestión y almacenamiento de los residuos radiactivos. ■

SKB solicita una autorización para el almacenamiento geológico profundo sueco

El pasado 16 de marzo, la Agencia de Residuos Radiactivos de Suecia (SKB) presentó una solicitud para que se autorice la construcción del almacenamiento geológico profundo para el combustible gastado generado en ese país. La legislación sueca exige que se cumplan la Ley de Actividades Nucleares y el Código Medioambiental, por lo que la solicitud se ha enviado a los dos organismos competentes: la Autoridad de Seguridad de las Radiaciones y la Corte Medioambiental, respectivamente.

El almacén geológico se construirá, según las previsiones, en las proximidades de la central nuclear de Forsmark, en el municipio de

Osthammar, y tendrá capacidad para unas 12.000 toneladas de combustible gastado, que se almacenará encapsulado en contenedores de cobre. Al mismo tiempo, SKB ha presentado una segunda solicitud para la planta de fabricación de contenedores y encapsulado del combustible, localizada en Oskarshamn.

Si los permisos se otorgan según el calendario previsto, la operación del almacén geológico tendría lugar en la primera mitad de la próxima década. Este se encuentra a 500 metros de profundidad en una formación granítica. En 2009, cuando se decidieron ambos emplazamientos, SKB acordó con los respectivas autoridades municipales que se crearían infraestructuras y otras actividades por un valor añadido de unos 1.500 millones de coronas suecas (135 millones de euros), de las cuales aproximadamente 500 millones revertirían en el municipio donde se localice el almacén geológico y el resto en el que albergue la fábrica de encapsulamiento. ■

Enresa asesora a las autoridades mexicanas en la gestión de residuos radiactivos

Una delegación de la Secretaría de la Energía y del Instituto Nacional de Investigación Nuclear de México se reunió el 31 de marzo con técnicos de Enresa para conocer la estrategia general, el marco legislativo y la financiación de la gestión de los residuos radiactivos en España. La representación mexicana, que estaba

El Ministerio de Industria autoriza el sistema de almacenamiento en seco de Ascó

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio autorizó en diciembre el sistema escogido para el almacén temporal individualizado de la central nuclear de Ascó (Tarragona), previo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

La construcción de un almacén de residuos en Ascó está contemplada en el Plan General de Residuos Radiactivos. Enresa sacó a concurso las bases del diseño y ha contratado a la empresa

Holtec para el desarrollo del sistema de almacenamiento, que será similar al de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara).

Enresa es la encargada de contratar el sistema de almacenamiento y la titular y propietaria de la central, la Asociación Nuclear



Panorámica de la central nuclear de Ascó.

Ascó Vandellós (ANAV), la responsable de elaborar los estudios necesarios y de la modificación de diseño de la planta para implantarlo.

Según las previsiones, en el primer semestre de 2012 podrán almacenarse residuos en el nuevo almacenamiento en seco. ■

ENRESA



Delegación de la Secretaría de la Energía de México.

encabezada por el subsecretario de Electricidad, fue recibida por el presidente de Enresa, José Alejandro Pina, quien ofreció el apoyo y la experiencia de Enresa en estrategia que México deberá acometer para

una gestión sostenible de los residuos radiactivos.

México tiene instalados dos reactores nucleares de tecnología BWR y 650 MW de potencia en el emplazamiento de Laguna Verde, próximo a Veracruz, en el

golfo de México. Hasta la fecha, este país no ha desarrollado una política global de gestión de residuos radiactivos. El Gobierno actual, en colaboración con el OIEA y otros organismos internacionales, ha puesto en marcha un proyecto cuyo fin último sería disponer de una planificación para todas las actividades necesarias para dicha gestión.

Este encuentro con los técnicos de Enresa se incluye en la gira que las autoridades mexicanas han realizado durante este mes por cuatro países europeos para conocer los diferentes sistemas e instalaciones de gestión de residuos radiac-

La UPM y Enresa premiarán el mejor proyecto medioambiental de fin de carrera

La Fundación Conde del Valle de Salazar de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Fundación Enresa firmaron el pasado 1 de marzo un acuerdo marco de colaboración en actividades de interés social, medioambiental, científico y tecnológico que incluye, entre otras, el premio fin de carrera al mejor proyecto medioambiental.

El convenio, con una vigencia de tres

años, ha sido suscrito por el presidente y el gerente de la Fundación Conde del Valle de Salazar, Antonio Notario y José Vicente López Álvarez, respectivamente, así como por el presidente de Enresa, José Alejandro Pina, y el gerente de la Fundación Enresa, Arturo González. Este convenio establece que el 4 de octubre de cada año se otorgará un premio único de mil euros al mejor proyecto final de carrera y que más se adecue a los valores medioambientales que defiende Enresa.

Este proyecto, que está coordinado por el director de la Cátedra Universidad-Empresa-Sindicato, Manuel López-Quero, incluye también actividades de dinamización de la finca del almacén centralizado de residuos de El Cabril. El alcance del acuerdo establece una cooperación en programas de formación y comprende la participación en proyectos conjuntos tanto en el ámbito nacional como internacional. ■



José Alejandro Pina (derecha) estrecha la mano de Antonio Notario.

tivos. La delegación mexicana, tras pasar por la sede social de Enresa, visitó el Almacén Centralizado de El Cabril, para conocer el funcionamiento de la instalación. ■

Un grupo de trabajo del proyecto Modern se reúne en Córdoba y conoce El Cabril

Técnicos de un grupo de trabajo del proyecto Modern se reunieron, el pasado 17 de marzo, en la sede de Enresa para estudiar los problemas relacionados con la monitorización de parámetros hidráulicos y mecáni-

cos de las barreras de ingeniería en los almacenamientos de residuos radiactivos. Este proyecto internacional, en el que participa Enresa, está cofinanciado por

la Comisión Europea, dentro del 7º Programa Marco de Euratom, y tiene como objetivo la monitorización de los almacenes de residuos radiactivos.



Participantes en el proyecto Modern, en la litoteca de El Cabril.

El grupo de expertos internacionales visitó también el Almacén Centralizado de El Cabril, donde tuvieron ocasión de conocer el equipamiento de monitorización en sondeos y en capas de cobertura de la instalación, así como cuestiones de carácter general relacionadas con la operación del centro.

Modern (2009-2013) es un proyecto de colaboración que persigue la creación de un marco de referencia coherente a nivel internacional para las actividades de monitorización de los almacenes de residuos radiactivos. Este marco considerará no solo los aspectos técnicos relacionados con la monitorización sino también los sociales, en tanto que se trata de una importante herramienta de comunicación con los distintos agentes sociales, contribuyendo a la comprensión y confianza del público en general en los almacenes de residuos radiactivos.

En este proyecto internacional, que está coordinado por Andra (Francia), se integran un total de diecisiete organizaciones. Por parte española, además de Enresa, participa la empresa Aitemin. Las organizaciones restantes son: DBE (Alemania); SCK y la Universidad de Amberes (Bélgica); Nagra y ETH (Suiza); NDA, Universidad de East Anglia y GSL (Reino Unido); NRG (Holanda); Posiva (Finlandia); RAWRA (República Checa); RWMC (Japón); Sandia (Estados Unidos) y la Universidad de Gotemburgo de Suecia. ■



XIV SEMINARIO INTERNACIONAL
DE PERIODISMO Y MEDIO AMBIENTE

21, 22 y 23 SEPTIEMBRE 2011 córdoba

www.sipma.es

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.

Mancho 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 Sabates, 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 "Medio Ambiente" 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



Enresa estudia las capas de cobertura que protegerán las estructuras de almacenamiento y que devolverán su aspecto inicial al paisaje de la instalación

El Cabril: vuelta a su estado natural

El futuro del almacén centralizado de residuos de baja y media actividad de El Cabril (Córdoba) pasa por su integración paisajística. Sobre sus plataformas de almacenamiento, una vez llenas, se colocará una cobertura final formada por un conjunto de capas de suelo, materiales drenantes y materiales de baja permeabilidad. Previamente a la elaboración del proyecto final de construcción de la cobertura a largo plazo, Enresa decidió iniciar en el año 2008 dos ensayos a escala para evaluar dos alternativas definidas con anterioridad y, simultáneamente, adquirir experiencia constructiva y obtener información experimental que soporte las decisiones que se tomen en el diseño de detalle. La gestión, desarrollo y descripción de este proyecto de I+D es el objeto de este artículo. ■ POR: Manuel Ordóñez, ENRESA.

LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO de residuos de baja y media actividad de Enresa en El Cabril dispone de un sistema de almacenamiento multibarrera constituido por los residuos acondicionados (inmoviliza-

dos con mortero), los contenedores de almacenamiento, las propias estructuras de almacenamiento y la cobertura definitiva o de largo plazo (ver figura 1), que será la última en construirse por razones obvias.

Su construcción se realizará, como mínimo, varios años después de la finalización del periodo de explotación de las áreas (denominadas plataforma norte y plataforma sur, respectivamente) en las que se ubican las estructuras de

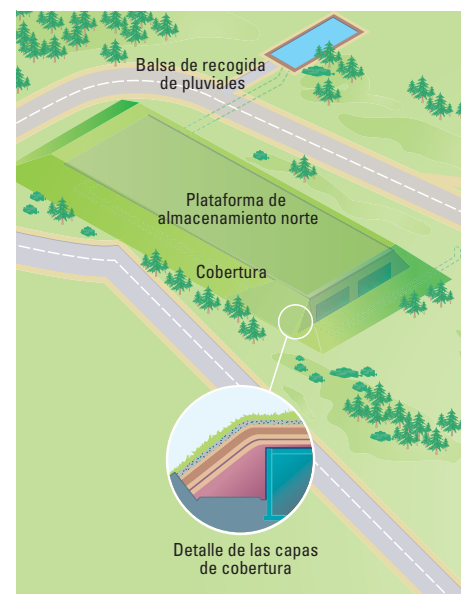
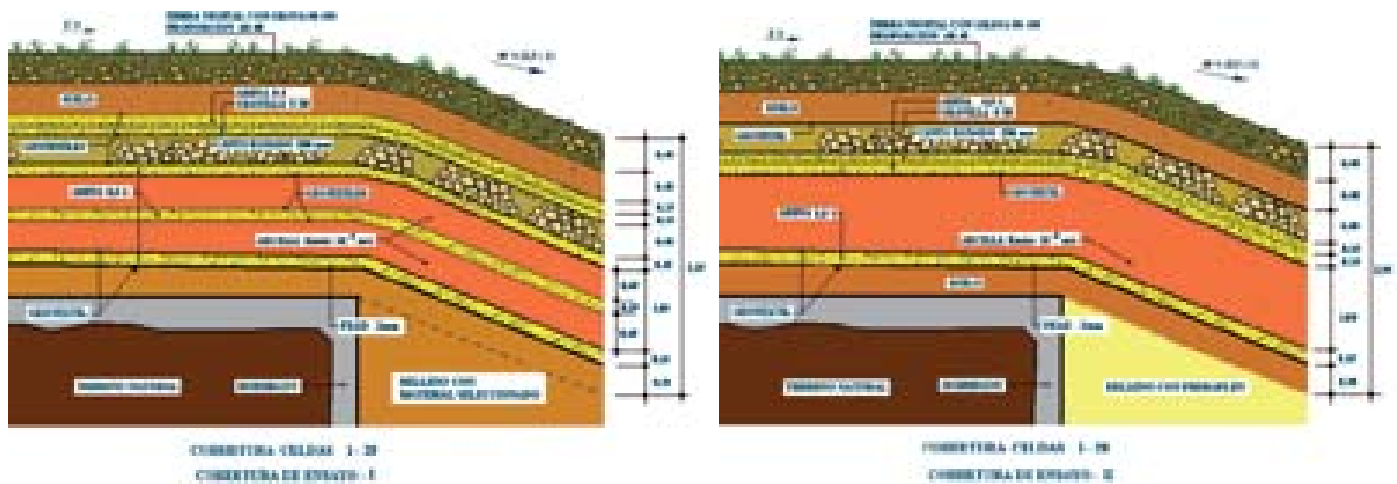


Figura 1. La plataforma norte de El Cabril quedará cubierta por una especie de sándwich de capas, como se muestra en la figura 1 sobre estas líneas.



Figuras 2 y 3. Los dos ensayos de cobertura se diferencian en la posición y el número de capas que cubren la estructura.

almacenamiento, es decir, cuando toda la capacidad de almacenamiento de las plataformas haya sido utilizada.

Las barreras de ingeniería están diseñadas para asegurar el confinamiento de los componentes radiactivos durante periodos prefijados, minimizar la entrada de agua del exterior, permitir la recogida del agua infiltrada —en el caso de que dicha situación se produzca—, incrementar la capacidad de retención de los radionucleidos y dificultar la intrusión a largo plazo.

Todos estos criterios aplicables al conjunto de barreras se traducen en requisitos específicos, que deben satisfacer cada uno de sus componentes. Asimismo, a los anteriores se añaden otros requisitos relacionados con el propio emplazamiento.

En concreto, en el caso de la cobertura a largo plazo se busca que dicho elemento constructivo cumpla diferentes objetivos, entre los que se cuentan:

- Proteger las estructuras de almacenamiento frente al agua, para lo cual se establecen valores limitantes de la tasa de infiltración.

- Adecuarse geoméricamente, en lo posible, a la topografía existente antes de la construcción de cada plataforma de almacenamiento

- Presentar un buen comportamiento frente a la erosión.

- Requerir unas actividades de mantenimiento mínimas.

- Ser de ejecución lo más sencilla posible, dentro de las alternativas y condicionantes existentes.

- Maximizar el desacoplamiento térmico entre las estructuras de almacenamiento y la atmósfera.

A todos estos requisitos se debe dar respuesta en el proyecto de construcción.

Variantes construidas e instrumentación instalada

La estructura de las coberturas de ensayos es un sistema multicapa, formado por la superposición de tres tipos de paquetes de materiales que, colocados en orden descendente, son los siguientes:

- Un paquete superior formado por tierra vegetal y suelo, cuya función principal es permitir la proliferación de plantas de pequeño porte que incrementen o faciliten la evapotranspiración, así como la resistencia a la erosión.

- Un segundo paquete formado por la superposición de distintos tipos de áridos (de diferentes tamaños), cuya función básica es dificultar la biointrusión, debida tanto a plantas como a la actividad de pequeños animales. Adicionalmente, realiza el drenaje del agua infiltrada a través del suelo.

- Un tercer paquete formado por un material de muy baja permeabilidad (en nuestro caso arcilla) y una capa drenante. Por una parte, se dificulta el paso del agua y, por otra, se evacua la que ha atra-

vesado la barrera de arcilla hacia el exterior de la zona en la que están situadas las estructuras de almacenamiento.

La geometría que se ha establecido para los ensayos se ha adaptado a la de la zona de almacenamiento, básicamente en la selección de pendientes.

Los dos ensayos construidos (ver figuras 2 y 3) se diferencian en la posición de los componentes del paquete antibiointrusión, así como en la estructura de la capa de arcilla, que en uno de los ensayos tiene una capa drenante intermedia formada por arena.

Este desdoblamiento de la capa de arcilla implica, en realidad, la existencia de dos barreras capilares en lugar de una sola en la cobertura de ensayo correspondiente. Por otra parte, es preciso indicar que el conjunto formado por las capas de suelo / tierra vegetal y el paquete antibiointrusión actúa también como una barrera capilar, al ser una disposición de un material más impermeable sobre un material permeable (en este caso, áridos de diferente tamaño).

Todo el sistema está drenado, dado que las interfases material impermeable-material permeable presentan pendientes, conduciéndose el agua drenada a través de vías preferentes de salida, para su control.

Respecto al seguimiento de la erosión, se ha modificado el sistema previsto inicialmente (ubicación de dos trampas de



Los sensores instalados permitirán obtener información del comportamiento de las capas de cobertura.

sedimentos en posiciones concretas) por un sistema de recogida que abarca todo el área de ensayo y que está situado en la parte frontal de las dos coberturas.

Los dos ensayos están ubicados en áreas adyacentes y están separados por una galería visitable en donde se encuentran las salidas de instrumentación y el sistema de adquisición de datos.

Ambas coberturas de ensayo están colocadas sobre un muro de hormigón, en forma de "L" invertida, que representa una celda de almacenamiento.

En las dos coberturas se han colocado diversos tipos de sensores en posiciones específicas previamente definidas y en la totalidad de los materiales utilizados.

Los sensores utilizados son de diferentes tipos: termopares, sonda de pro-

piedades térmicas, sensores TDR, tensiómetros, sondas matriciales, psicometros e higrómetros.

Asimismo, se ha aprovechado la ejecución de la obra para colocar en el muro de hormigón varios sensores, parte de ellos embebidos en dicho material y otros conectados a las armaduras. Su finalidad es obtener datos de su comportamiento en las condiciones en las que quedarán las estructuras de almacenamiento, una vez colocada la cobertura final. En este caso, se han colocado los siguientes tipos de sensores: termopares, extensómetros, termohigrómetros, psicometros y sensores electroquímicos de potencial de unión líquida y potencial de corrosión.

Objetivos de las coberturas de ensayo construidas

Los objetivos básicos de los ensayos de capas de cobertura son:

— Adquirir experiencia constructiva antes de la ejecución de la cobertura a largo plazo sobre las plataformas de almacenamiento. Al respecto, cabe decir que el retorno de la experiencia obtenida ha aportado información de gran utilidad con relación a la puesta en obra de los distintos materiales y a los procesos de construcción a utilizar.

— Analizar las diferencias de comportamiento de las dos coberturas de ensayo construidas de cara a la definición del diseño de detalle de la cobertura final.

— Obtener datos cuantitativos de variables de significación, básicamen-

Enresa studies the covering layers that will shelter the disposal structures and give back the original look to the landscape at the site

El Cabril: a return to the natural state

The future of the centralised low and intermediate level waste disposal facility at El Cabril (Córdoba) rests on its integration into the surrounding landscape. Once the disposal platforms have been filled, a final covering made up of a series of layers of soil, draining materials and low permeability materials will be put into place. Prior to drawing up the definitive project for the construction of the long-term covering layer,

The Enresa low and intermediate level waste disposal facility at El Cabril is equipped with a multiple barrier system made up of the conditioned wastes (immobilised in mortar), the disposal containers, the disposal structures themselves and the definitive or long-term covering layer (see figure 1), which for obvious reasons will be the last to be built.

It will be constructed at the earliest several years after the end of the operating period of the areas housing the disposal structures (known as the north platform and the south platform respec-

Enresa decided in 2008 to initiate two scale tests to evaluate two previously defined alternatives and simultaneously acquire construction experience and obtain experimental information supporting the decisions taken in the final detailed design. The management, development and description of this R&D project constitute the subject of this article. ■ BY Manuel Ordóñez, ENRESA.

tively), i.e., when the entire storage capacity of the platforms has been depleted.

The engineered barriers are designed to ensure the confinement of the radioactive components for previously established periods, minimise the entry of water from outside, allow for the collection of seepage—if this situation occurs— increase radionuclide retention capacity and hinder intrusion in the long term.

All of these criteria applicable to the set of barriers translate into specific requirements to be met by each of the components. Like-



ENRESA



Vista aérea de los dos ensayos, que están separados por una galería donde se encuentra el sistema de adquisición de datos, cuya entrada se muestra arriba.

te tasas de erosión y velocidades de infiltración, que serán, en gran medida, las que determinen las opciones técnicas a implantar.

— Analizar el comportamiento termohidráulico de cada una de las cober-

turas de ensayo, tanto globalmente como de cada una de sus partes constitutivas (capa o paquetes de capas con funcionalidades determinadas).

— Desarrollar un modelo termohidráulico de ambas coberturas que

sirva de herramienta soporte para modelizaciones de otros sistemas similares de diferente geometría y pueda ser empleado asimismo en las actividades de diseño y de modelización de comportamiento.

wise, in certain cases, other requirements relating to the site itself are added.

Specifically, in the case of the long-term covering layer, the aim is for this construction element to fulfil different objectives, among them the following:

- Protection of the disposal structures against water, for which seepage rate limiting values are established.
- Geometric adaptation, to the extent possible, to the topography existing prior to the construction of each disposal platform.
- Good performance with respect to erosion.
- Minimum need for maintenance activities.
- Simplest possible construction, in view of the existing alternatives and conditioning factors.
- Maximised thermal decoupling between the disposal structures and the atmosphere.

The construction project must provide an answer to all these requirements.

Combinations constructed and instrumentation installed

The structure of the test covering layers is a multiple layer system formed by superimposing three types of packages of materials. In descending order these are as follows:

— A surface package made up of topsoil and earth, the main function of which is to allow for the proliferation of small plants increasing or facilitating evapotranspiration and resistance to erosion.

— A second package made up by superimposing different types of aggregates (of different sizes), the basic function of which is to hinder biointrusion due both to plants and to the activity of small animals. In addition, this package drains the water seeping in through the soil.

— A third package formed of a very low permeability material (in our case clay) and a draining layer. On the one hand this hinders the passage of water and, on the other, evacuates whatever water might have passed through the clay barrier to the exterior of the area in which the disposal structures are located.

The geometry established for the tests has been adapted to that of the disposal zone, basically as regards the selection of slopes.

The two tests constructed (see figures 2 and 3) differ as regards the position of the components of the anti-biointrusion package and the structure of the clay layer, which in one of the tests has an intermediate draining layer of sand.

This widening of the clay layer in fact implies the existence of two capillary barriers instead of one in the corresponding test covering. Furthermore, it should be pointed out that the assembly made up of the layers of earth/topsoil and the anti-biointrusion package also acts



ENRESA



Tareas de construcción de las coberturas de ensayo en el almacén centralizado de residuos de baja y media actividad de El Cabril.

Verificación del funcionamiento del sistema

Para la verificación del funcionamiento de las capas de cobertura se realizan, básicamente, cuatro tipos de actividades:

- Obtención, análisis y evaluación de los datos obtenidos mediante sensores. A partir de estos datos, y aplicando metodologías de cálculo preestablecidas, se pueden determinar variables sig-

nificativas del sistema, por ejemplo la cantidad de agua retenida en una capa, las tasas de infiltración, tasas de evapotranspiración, etcétera.

- Obtención de caudales drenados a través de capas determinadas y totales del sistema, medido bien con medios pasivos (aforo de recipientes), bien con medidores de caudal.

- Caracterización de los materia-

les que forman las capas. Una actividad que da soporte a la modelización del sistema y facilita la interpretación de los datos obtenidos. Se hace especial incidencia en la obtención de parámetros de tipo hidráulico, tales como la conductividad y las curvas de retención de los materiales empleados.

- Modelización del sistema. Mediante el uso de códigos termohidráulicos ya

as a capillary barrier, due to its being a more impermeable material over a highly permeable material or set of materials (in this case aggregates of different sizes).

The entire system is drained, since the impermeable material-permeable material interfaces are sloped, the water being channelled via preferential outlets for control.

As regards the monitoring of erosion, the system initially contemplated (location of two sediment traps in specific positions) has been changed for a collection system covering the entire test area and located at the front of the two covering layers.

The two tests are located in adjacent areas, separated by a visitable gallery housing the instrumentation outlets and data acquisition system.

Both test covering layers are placed over an inverted L-shaped concrete wall that represents a disposal cell.

In both cases, different types of sensors have been placed in specific previously defined positions and in all the materials used.

The sensors used are of different types: thermocouples, thermal properties probe, RTD sensors, tensometers, matrix probes, psychrometers and hygrometers.

Additionally, advantage has been taken of the performance of the works to position several sensors in the concrete wall, some embed-

ded in this material and others connected to the reinforcements. The objective of these sensors is to acquire data on performance under the conditions in which the disposal structures will be left following positioning of the final covering layer. In this case the following types of sensors have been incorporated: thermocouples, extensometers, thermohygrometers, psychrometers and electrochemical liquid union potential and corrosion potential sensors.

Objectives of test covering layers constructed

The basic objectives of the covering layer tests are as follows:

- To acquire construction experience prior to the execution of the long-term covering layer over the disposal platforms. In this respect, the feedback already obtained may be said to have provided very useful information as regards the implementation on site of the different materials and the construction processes to be used.

- Analysis of the differences in behaviour of the two test coverings constructed as regards the definition of the detailed design of the final covering.

- Acquisition of quantitative data for significant variables, basically erosion and seepage rates, which will to a large extent be those determining the technical options to be implemented.



ENRESA



Sobre estas líneas, instalación de sensores. A la derecha, trabajos preparatorios de una de las capas de cobertura.

disponibles se pueden realizar desarrollos ad hoc para modelizar el comportamiento de cada uno de los ensayos y/o de sus componentes.

Aplicaciones del proyecto

La aplicación más inmediata del proyecto, como ya se ha indicado, es facilitar el diseño de detalle de la cobertura a largo plazo que se construirá sobre

las dos plataformas de almacenamiento de residuos de baja y media actividad.

Los resultados obtenidos también serán de utilidad para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad, pues la cobertura final para este tipo de celdas de almacenamiento será muy similar.

Otro campo de aplicación sería la recuperación, rehabilitación y protec-

ción de suelos contaminados en aquellos casos en los que se utilice este tipo de elemento constructivo.

Todo ello, sin olvidar los avances que se realicen en metodologías de ensayo, instrumentación, caracterización de materiales, así como en el desarrollo y aplicación de las herramientas de modelización que se emplean en este tipo de estudios. ■

— Analysis of the thermohydraulic behaviour of each of the test coverings, both overall and for each of the constituent parts (layer or packages of layers with given functionalities).

— Development of a thermohydraulic model of both covering layers, serving as a support tool for the modelling of other similar systems with different geometries and allowing for use in design and performance modelling activities.

Verification of system operation

Basically four types of activities are performed to verify the operation of the covering layers:

— Acquisition, analysis and evaluation of the data obtained from the sensors. On the basis of these data and by applying previously established calculation methodologies, it is possible to determine significant system variables, for example the amount of water retained in a layer, seepage rates, rates of evapotranspiration, etc.

— Acquisition of flows drained through certain layers and totals for the system, measured either by passive media (volume of recipients) or using flowmeters.

— Characterisation of the materials forming the layers, an activity that supports system modelling and facilitates the interpretation of the

data acquired. Special emphasis is laid on the acquisition of hydraulic parameters such as conductivity and the retention curves of the materials used.

— System modelling. By using already available thermohydraulic codes, *ad hoc* developments may be undertaken for modelling of the performance of each of the tests and/or its components.

Project applications

As has been pointed out above, the most immediate application of the project consists of facilitating the detailed design of the long-term covering layer that is to be built over the two low and intermediate level waste disposal platforms.

The results obtained will also be of use for the disposal of very low level wastes, since the final covering for this type of disposal cells will in all cases be very similar to those studied.

Another field of application might be the recovery, rehabilitation and protection of contaminated soils when this type of construction element is used, without losing sight of the progress made in testing methodologies, instrumentation, the characterisation of materials and the development and application of the modelling tools used for this type of studies. ■

Carlos Martínez contempla con la precisión y la distancia propias de un científico su incursión en la alta política, la que le ha apartado de su pasión investigadora durante seis años. En ese “intermedio”, quien con “la bata” de científico ya había presidido la Conferencia de Biología Molecular o sido vicepresidente del Consejo del Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL) aceptó, por coherencia y compromiso con el Gobierno socialista, la presidencia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de 2004 a 2008, y el cargo de secretario de Estado de Investigación, que ocupó de 2008 hasta su cese, en diciembre de 2009. Admite que no le agradó, precisamente, dejar sin terminar lo que se había propuesto en el Ministerio de Ciencia, pero tiene claro que no volverá a deambular por los aposentos del Estado. ■ POR **Concha Barrigós**, PERIODISTA.

*Carlos Martínez, inmunólogo,
ex presidente del CSIC
y ex secretario de Estado
de Investigación*

“España **debe apostar** por la ciencia de riesgo”

EL REGRESO DE CARLOS MARTÍNEZ a su disciplina no está siendo una tarea fácil, sobre todo porque se apartó en su día de la senda que le había permitido publicar más de 450 trabajos en las revistas más prestigiosas para hacer algo distinto a lo de los demás. A pesar del trabajo ímprobo que debe hacer a diario para conseguir financiación, este leonés de la cosecha del cincuenta está resuelto a contribuir a resolver la ecuación entre células madre, cáncer y envejecimiento. Lo hace con entrega entusiasta, la misma que profesa su selecta pyme —diez investigadores de cuatro nacionalidades— en el Centro Nacional de Biotecnología (CNB).

—*Ha estado a un lado y a otro del espejo y conoce como pocos las fortalezas y debilidades del sistema científico, del español y del internacional. ¿Qué atesora de su experiencia?*

—He cambiado muchísimo de sitio, sí. Aquí [es decir, en su laboratorio del CNB] es donde he estado más tiempo a lo largo de mi vida, porque lo normal ha

sido cambiar de trabajo cada cuatro años. Uno de mis maestros decía: “Durante la vida acumulas tanto, que hay solo dos opciones: o librarte de ello o irte”. La segunda opción es siempre más fácil, aunque empieces de cero.

—*Se estaba preparando la Presidencia Española de la Unión Europea para el primer semestre de 2010 cuando, de un día para otro, llegó su cese. ¿Qué pasó?*

—Es una fase ya superada que para mí no tiene absolutamente ningún interés. El tiempo pone todo y a cada uno en su lugar, porque es un árbitro implacable. Fui, soy y seré leal a los principios, a las personas, pero eso no quiere decir que no pueda tener desacuerdos. Los tenía y los tengo sobre la adjudicación de los recursos del Ministerio para financiar la investigación o la innovación. Si eso justifica o no mi cese es una decisión política. Es una fase de mi vida de la que a veces me arrepiento, pero estoy profundamente orgulloso de haber sido presidente del CSIC.

—*Entonces, ¿le sorprendió el cese?*

—Sí. He sido profundamente crítico toda mi vida y eso me ha costado varios disgustos, pero también he sido siempre positivo, optimista y colaborador. Creía que, dada la evolución de los Presupuestos y del Ministerio, mi permanencia allí tenía un límite y lo había puesto para después de la Presidencia Española de la UE, para la que había trabajado razonablemente bien; pero se adelantó, me sustituyeron. En esos momentos siento mal, pero ni siquiera pedí justificación alguna y, por supuesto, se supera.

—*¿Tampoco se la dieron?*

—No, pero la política es así. “Yo te pongo, yo te quito” y se acabó. En este caso, era un poco más complejo porque había relaciones personales, de colaboración durante varios años y participación conjunta [Carlos Martínez fundó, junto a la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, y con el también profesor del CSIC Antonio Bernad, la empresa de biotecnología Genetrix en 2000]. La actuación política se asocia a



la visión personal, a ser percibido como un buen gestor o *manager* de la actividad encomendada desde la perspectiva de quien te nombra. Es la primera vez en toda mi vida que algo así me pasa, y resultó duro asumirlo y me costó porque nunca, y son muchos años, había sido cesado en un cargo. Es posible [risas] que se haya cumplido el principio de Murphy ["si algo puede salir mal, saldrá mal"].

—¿Alguna vez había pensado entrar en política?

—No, pero siendo un apasionado de la ciencia como lo soy, también entiendo que en un momento de la vida es importante contribuir con el conocimiento adquirido, transmitírselo a la sociedad para intentar mejorar su gestión. Como

tal lo había aceptado. Había participado en discusiones a alto nivel sobre la necesidad de crear ese ministerio y, por lo tanto, no podía negarme a participar: era un compromiso moral. Con lo que sé ahora, no tomaría las mismas decisiones. Serían distintas, aparte de que la situación en España y en el mundo es ahora completamente diferente.

—¿Como también lo es la del propio sistema científico?

—Sigo pensando, y ahora aún más, que es necesario para un país que desea ser dueño de su futuro construir un sistema sólido de ciencia, de tecnología y de fortalecimiento de la investigación; apoyar la excelencia y la calidad y fomentar la iniciativa privada para lograr su

implicación decidida. Esos postulados son hoy más necesarios aún que en aquel momento.

—¿Repetiría paso a paso lo que ha hecho en su gestión pública?

—Supongo que no tiene sentido repetir lo mismo; espero haber aprendido algo en esa etapa como presidente. Me siento profundamente orgulloso de mi paso por el CSIC, de haber sido su presidente, porque tuve una ayuda extraordinaria del Gobierno. Me sentía partícipe de una idea, de un proyecto. Cuando me ofrecieron la Secretaría de Estado, me aconsejaron algunos excelentes amigos ex altos cargos que no lo aceptara. Hoy creo que tenían razón y que yo me equivoqué.

—¿Tuvo que renunciar a algo por estar en política?

—Entrar en política es una renuncia constante y desde el punto de vista personal las he hecho todas. Son 24 horas, 7 días a la semana, 365 días al año de trabajo y dedicación. Renuncias a la familia, a los amigos, a los *hobbies*, a estar informado y participar en los avances en investigación. No es fácil recuperar ese tiempo porque, mientras tanto, el mundo ha seguido su propia evolución. El tren del tiempo ha pasado y eres incapaz de alcanzarlo, pero siempre hay otros trenes que pasan y el objetivo no debe ser engancharse al furgón de cola, sino llegar a la máquina y conducirlo.

—¿Volvería a presidir el CSIC?

—Segundas partes nunca fueron buenas; mi labor está hecha y es agua pasada. Son las siguientes generaciones las que deben hacer lo que crean y puedan.

—¿Qué hace ahora?

—Hasta ahora había estado trabajando en tratar de entender cómo el sistema inmune lucha contra los patógenos o las transformaciones que se producen en el organismo asociadas, entre otras, a las neoplasias desde varias perspectivas. E investigando cómo los linfocitos patrullan el organismo y por qué y cómo el precio que pagamos por la supervivencia se trastoca y se generan respuestas autoinmunes y enfermedades inflamatorias crónicas o por qué el sistema inmune sucumbe ante los tumores. Cuando creé, en colaboración con la iniciativa privada, este departamento de Inmunología y Oncología en 1986, lo hice porque estaba convencido de que la inflamación se encontraba en la base de una gran parte de las patologías. Hoy en día sabemos que es así y que la inflamación crónica está presente en el Alzheimer, el riesgo cardiovascular, la diabetes, la artritis reumatoide y buena parte de los tumores y, por tanto, esa visión que tuvimos en este departamento se ha traducido en una extraordinaria realidad. En lo que se refiere a los linfocitos, hicimos un modelo de cómo los mediadores responsables de ese “patrullamiento” iniciaban su activación y postulamos la necesidad de crear agregados de los

receptores de estas moléculas. En aquel momento, aquello fue casi cosa de visionarios. El pasado mes de enero se publicó la estructura molecular de esos receptores y se ha demostrado que nuestro modelo de hace casi seis años es correcto. Me siento profundamente orgulloso de esas dos contribuciones, aparte de todo lo que hemos hecho con el VIH y el papel de los mediadores en las enfermedades neoplásicas o autoinmunes.

“La sociedad debe conocer las consecuencias dramáticas de la falta de financiación para la investigación”

Pero ahora me gustaría abrir nuevas líneas de investigación. Estoy implicado en otro sistema biológico que casi no se conocía cuando yo dejé el departamento, el comportamiento de las células madre embrionarias desde tres perspectivas: cómo se diferencian, qué relación tienen con el cáncer y la correlación entre las células madre y el envejecimiento. Hay varias teorías y a mí me gustaría explorar una en concreto: la relación entre las células madre y el envejecimiento, un campo nuevo para mí. Es emocionante, pero también es empezar de cero y eso es muy duro en ciencia.

—¿Por qué emprender, entonces, un camino tan difícil?

—Uno tiene que emocionarse con lo que hace, sentir pasión por la conquista de nuevo conocimiento; beber de aguas frescas, no de aguas estancadas. He decidido implicarme en proyectos ambiciosos, arriesgados, que pueden abrir nuevos caminos de futuro. Creo que esa debe ser la apuesta que ha de hacer España para la generación del conocimiento de la investigación, no ciencia del “*me too*” (“yo, lo mismo”), sino la del riesgo.

—Y en la que la vanidad no tiene sitio...

—Hay que dejar la vanidad en casa todas las mañanas, y levantarse y llegar al laboratorio con la ambición de “*hoy voy a cambiar el mundo*”. Ese debe ser el único motivo para estar en esta jungla científica y social en la que las palabras clave son, a pesar de la contradicción, competencia y cooperación.

—¿Tiene que dedicar mucha energía a conseguir financiación para su proyecto?

—La financiación no lo es todo, es verdad, pero sí casi todo —bromea—: sin ella es imposible desarrollar proyectos competitivos. La ciencia hoy requiere una financiación tecnológica extraordinaria, porque los experimentos son muy costosos y lo serán más en el futuro. He conseguido financiación del ámbito público y del privado [los laboratorios Pfizer] y sigo tratando de conseguir más. Es importante que la sociedad conozca las consecuencias de no contratar investigadores por escasez de financiación. Los grupos de investigación son pymes, en las que cada jefe de grupo consigue a través de la financiación competitiva alrededor de ocho a quince personas. Además, estas pymes tienen un extraordinario valor añadido. Cada una de ellas coopera con otras, nacionales e internacionales; es decir, contribuyen a la generación de conocimiento, a que España esté en el mapa de la ciencia y a mejorar la productividad del país. Si no se logra esa financiación, todas las personas dependientes de esa pyme van al paro, con unas consecuencias dramáticas para el país.

—Le habrá venido de perlas haber sido presidente del CSIC y secretario de Estado...

—No. Lo que me ha venido de perlas es mi pasado científico. Es mi carrera profesional lo que me queda. Mi paso por el Gobierno no me ha ayudado a conseguir financiación, entre otras cosas porque la financiación de los proyectos está basada en las contribuciones científicas, no en el paso por la política, afortunadamente.

—Con el conocimiento privilegiado que tiene de los dos lados, ¿cuál es su diagnóstico sobre el sistema científico español?

El paradigma de los residuos radiactivos

Carlos Martínez lo tiene meridianamente claro. “El caso de Enresa —sentencia— ilustra muy bien la situación en la que está el país”. Recuerda que a pesar de que hay una resolución de 2004 del Parlamento de construir el Almacén Temporal Centralizado para residuos de alta actividad (ATC), ha llegado 2011 y aún no se ha tomado una decisión. “Esto —dice— ilustra un poco la confusión en la que, a veces, se mueve nuestra sociedad. El ATC es una necesidad, pues ya tenemos residuos radiactivos de alta actividad que hay que almacenar en alguna parte. Además, y lo más importante, asociado a ese ATC va un parque tecnológico y científico que nos permitiría seguir investigando y avanzando en la utilización de los residuos, en la disminución de su actividad y en la elaboración de nuevos materiales —añade—. Sin olvidar que ese ATC contribuiría a la formación de las nuevas generaciones respecto a un mejor uso de la radiactividad como mecanismo de generación de energía sostenible. Si no lo hacemos, perdemos el tren de la historia”.

“A menudo se critica que el problema son los residuos y yo creo que esa es una gran ventaja. Es verdad que tienen actividad para miles de años, pero son los únicos que están controlados —matiza Carlos Martínez—. Que les pregunten a los indios por Bhopal [región de la India en la que el 3 de diciembre de 1984 se produjo un desastre, a causa de una fuga de 42 toneladas de isocianato de metilo en una fábrica de pesticidas], que le pregunten a África por los residuos químicos. Hace treinta años no teníamos ni Internet, ni móviles, ni láseres y ahora dirigen nuestras vidas. Con la energía nuclear puede pasar algo parecido. No sabemos cuál va a ser la fuente generadora de energía en el futuro. La nuclear puede ser una de ellas y, por lo tanto, no podemos mirar para otro lado, no podemos ignorar su existencia ni abandonar el conocimiento e investigación sobre su mejor posible utilización —dice con vehemencia—. En este mundo, donde la cien-



JORGE FERNÁNDEZ

cia avanza a pasos agigantados, los que sobrevivirán son aquellos que estén bien formados, los que generen conocimiento y sean capaces de absorber el avance que se produce y transformarlo en riqueza. Esa debe ser nuestra apuesta para conseguirlo: educación y conocimiento”, concluye. ■

—Con la democracia se hizo un avance extraordinario en ciencia y se hizo, a menudo, a pesar de nuestros políticos. Se ha hecho fundamentalmente gracias a una generación de investigadores que han dedicado su energía, en condiciones de financiación escasas, pero con una dedicación y una ambición de futuro extraordinarias. Políticamente ha habido dos momentos importantes para el apoyo a la generación de conocimiento: de 1985 a 1992 y de 2004 a 2008, pero lo

que ha sido siempre encomiable es la dedicación, entusiasmo y ambición de la comunidad científica y eso es lo que ha hecho de España la novena potencia en producción. Ahora hay que dar el siguiente paso. Ya no interesa tanto la cantidad como la calidad, por eso hay que reconducir la generación de conocimiento hacia áreas de mayor ambición, de apertura de nuevos campos. La comunidad científica es consciente de esa necesidad, está dispuesta a ello

y por eso critica la situación actual, porque son conscientes de la necesidad de que el país apueste por la investigación, por el futuro. No son jeremiadas, llores, ni defensa del statu quo, sino el compromiso de una comunidad que ha apostado en los últimos treinta años por la generación del conocimiento, que debe ir asociada a la apuesta por una educación clara y definida que permita generar una investigación competitiva. ■

De acuerdo con la leyenda clásica, Rómulo y Remo fueron dos hermanos gemelos que, después de ser criados por una loba, fundaron Roma setecientos años antes de Cristo.

Para Red Eléctrica de España, Remo y Rómulo, por ese orden, son dos conexiones submarinas. La primera une desde 2006 la Península con Marruecos, mientras que la segunda, aún sin terminar, conectará Mallorca con Valencia. Esta última, de 244 kilómetros de longitud, 237 de ellos submarinos, supondrá una inversión de 375 millones de euros y estará en pruebas este mismo año. Esta nueva conexión submarina, la tercera más larga del mundo y la segunda más profunda, mejorará la calidad del suministro en las islas y permitirá reducir tanto los costes de generación como las emisiones de CO₂. ■ POR Miguel Ángel Mondelo, PERIODISTA.

*El tercer cable eléctrico submarino
más largo del mundo
une Mallorca con Valencia*

Rómulo conecta Baleares con la Península



El Skagerrak es uno de los dos barcos que ha llevado a cabo el tendido de la conexión submarina entre la Península y Baleares.

EL 'SKAGERRAK', UN BARCO DE 122 metros de eslora propiedad de la empresa noruega Nexans, se balancea en la bahía de Santa Ponsa, en el municipio de Calviá (Mallorca). El 27 de enero de 2011 ha amanecido nublado y el mar tiene un color plomizo. A simple vista, el barco no se mueve, pero sí lo hace. De forma casi imperceptible, muy despacio, el *Skagerrak* se aleja de la costa y desde la popa va depositando sobre flotadores el cable que lleva en su cubierta, enrollado en un tambor de veintinueve metros de diámetro y doce de altura. Como una araña, el barco va tejiendo una larga línea de puntos que llega hasta la playa. Más tarde, cuando se compruebe que el trazado es el correcto, se retirarán los flotadores y un grupo de buzos lo colocarán sobre el fondo del mar. Comenzaba así el tendido del segundo de los tres cables eléctricos que compondrán la conexión entre Baleares y la Península. El barco llegó a Sagunto (Valencia) dieciséis días más tarde, el 12 de febrero, después de depositar sobre el lecho marino 6.850 toneladas de cable.

Primera conexión de España en corriente continua

La conexión eléctrica submarina entre Baleares y la Península, que Red Eléctrica de España ha bautizado como Proyecto Rómulo en un guiño a la historia, es la primera en corriente continua de España y la segunda del mundo. "Por la longitud que tiene el enlace, la única forma de transportar la energía eléctrica es convertir la corriente alterna en corriente continua", señala el director de Red Eléctrica en Baleares y responsable del proyecto, Ramón Granadino. Este hecho ha exigido construir estaciones conversoras en los dos extremos del enlace, en Santa Ponsa y en Morvedre (Sagunto), ya que la red eléctrica española funciona en corriente alterna.

La conexión, que se comenzó a planificar en 2004, supondrá una inversión de 375 millones de euros, la mayor que afronta Red Eléctrica en un único proyecto. De esa suma, 275 millones corresponden al suministro e instalación de los cables, tarea de la que se ocupan la empresa italiana Prysmian y la noruega

Nexans, y el resto a la construcción de las estaciones conversoras, encargada a la compañía alemana Siemens.

El enlace entre Baleares y la Península consta de tres cables: dos de potencia y uno de retorno, o de reserva, que incluye una conexión de fibra óptica. "El tercer cable se utilizará en el caso de que alguno de los otros dos tenga una avería o se esté sometiendo a tareas de mantenimiento. Con tres cables tenemos mucha más flexibilidad y horas de disponibilidad del enlace", explica Granadino. "El de retorno lleva un cable de fibra óptica que nos permite comunicar las estaciones de conversión".

El primer cable en instalarse fue el de reserva. El barco *Giulio Verne*, propiedad de Prysmian, comenzó el tendido el 13 de enero en Santa Ponsa y terminó a finales de ese mes en Sagunto. El segundo cable, que Nexans fabricó en Japón, está ya instalado y del tercero se ocupará de nuevo la empresa italiana. Tras colocar el primero, el *Giulio Verne* se dirigió a Nápoles para recoger el último cable, cuyo tendido concluirá, según las previsiones, a finales de abril.

El enlace cubre una distancia de 244 kilómetros, de los que 237 son submarinos y siete subterráneos: cuatro en Sagunto y tres en Santa Ponsa. Se trata de la tercera conexión eléctrica submarina más larga del mundo, después de la que une Noruega y Holanda (580 kilómetros) y la que conecta Cerdeña con la península italiana (435 kilómetros).

Cuidar los espacios protegidos

Los cables discurrirán en paralelo por el fondo del Mediterráneo, pero en las zonas más profundas del recorrido tendrán una separación de hasta 1.500 metros para facilitar eventuales reparaciones. La conexión alcanzará una profundidad máxima de 1.485 metros, solo superada por el enlace entre Cerdeña y la Italia peninsular, que llega a los 1.600 metros.

Red Eléctrica ha buscado en todo momento respetar el medio ambiente, tanto en la elección del trazado como en el modo de acometer la instalación. "Se estudiaron las alternativas mirando los espacios protegidos. A partir de deter-



Un buzo realiza trabajos en el fondo submarino para la salida del cable a tierra, en Santa Ponsa (Mallorca).

Un rodeo por mar para evitar los Pirineos



REE

En el sector eléctrico hay una frase que se repite en todos los foros: “España es una isla energética”. Para terminar con esta situación, o al menos paliarla, es fundamental reforzar la conexión con Francia, enlace natural con el sistema europeo. Aunque ya está proyectada una nueva línea por Cataluña, que estará operativa en la primera mitad de 2014, los expertos coinciden en que no será suficiente. Esta línea de muy alta tensión (MAT) duplicará la capacidad de conexión entre los dos países, que pasará de los 1.400 megavatios (MW) actuales a 2.800.

Los problemas que suelen acarrear las líneas terrestres, por la habitual oposición de los municipios por los que discurren, y el éxito de las conexiones submarinas con Marruecos y, sobre todo, con Baleares, han llevado a Red Eléctrica a plantearse el tendido de un cable a través del golfo de Vizcaya. “La experiencia de Baleares nos ha dado pie a plantearnos la conexión con Francia en corriente continua”, explica Ramón Granadino, director de Red Eléctrica en Baleares y responsable del Proyecto Rómulo.

Está previsto que Red Eléctrica y su homóloga francesa, RTE, presenten la propuesta formalmente durante una próxima cumbre hispano-francesa. La conexión submarina partirá del País Vasco y tendrá una capacidad nominal de 2.000 MW.

minada profundidad, el fondo del mar no tiene vida. Se estudia más la zona costera y el impacto de colocar el cable y enterrarlo”, dice Ramón Granadino.

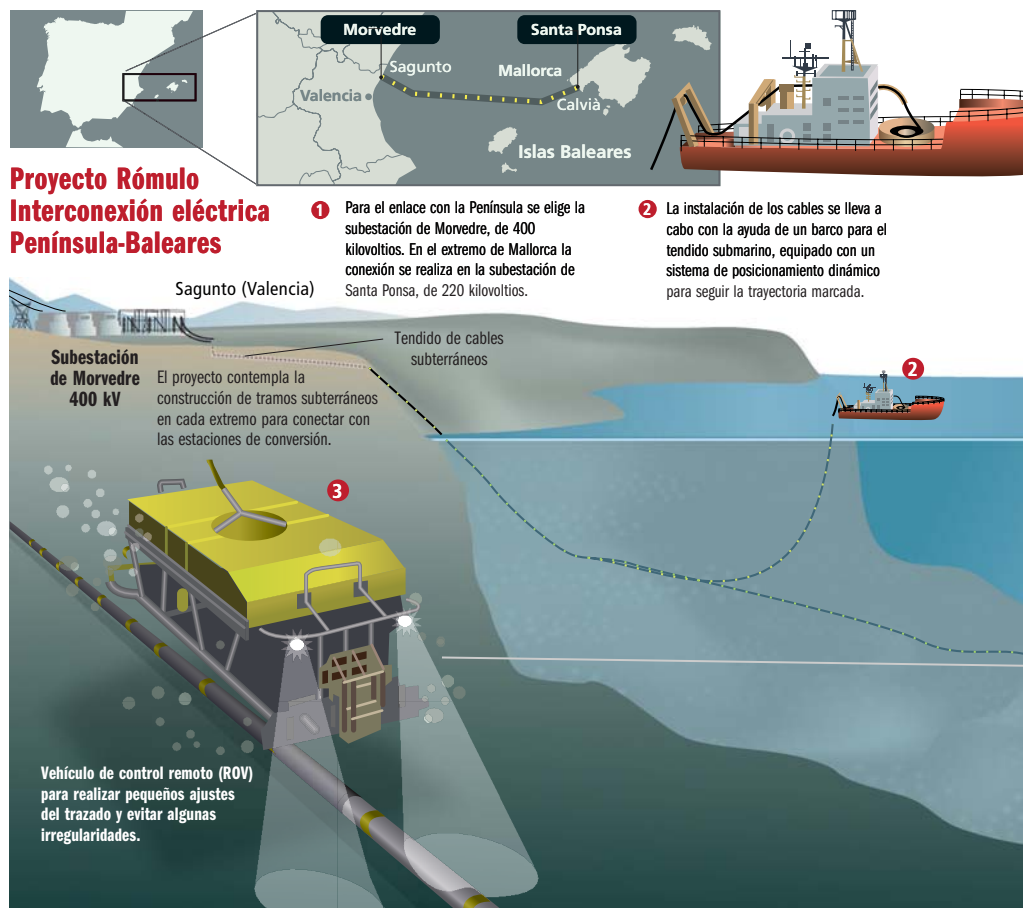
El trazado marino evita las praderas de posidonia (una planta marina muy común en el Mediterráneo que está protegida por la legislación europea) y se han tomado medidas para no perjudicar a los cetáceos, la nacra (una especie de almeja que habita en las praderas de posidonia) y la tortuga mora, que vive en el tramo terrestre de Santa Ponsa. También se han evitado los yacimientos arqueológicos y las granjas de piscicultura.

Los cables eléctricos se depositan en el fondo del Mediterráneo con ayuda de vehículos de control remoto que se manejan desde los barcos. Para proteger los cables, se colocan en una trinchera de un metro de profundidad que los robots excavan en el suelo arenoso y que ellos mismos cubren posteriormente. En los extremos del tendido, en especial en las zonas costeras con más obstáculos (rocas) o con flora marina protegida, se trabaja también con buzos y se utilizan flotado-

res y barcas de apoyo. La operación se realiza de una sola vez, ya que los cables no tienen empalmes. Tanto el *Skagerrak* como el *Giulio Verne* cuentan con sistemas de posicionamiento dinámico que les permiten seguir la trayectoria.

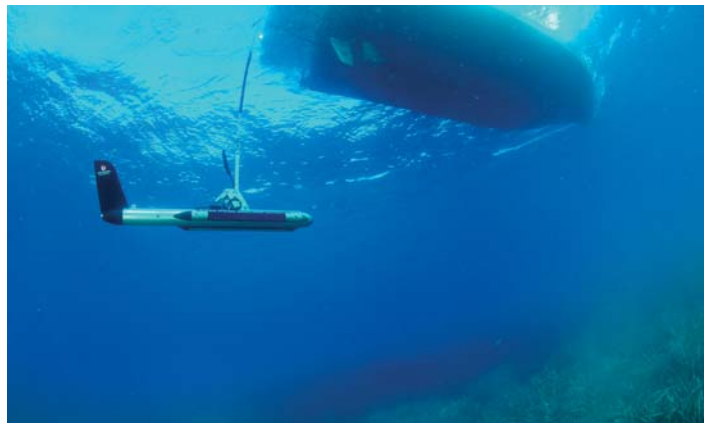
La conexión se completa con las estaciones conversoras de Santa Ponsa (de 220 kilovoltios) y Morvedre (de 400 kilovoltios), las primeras que se construyen en España capaces de transformar corriente alterna en corriente continua y viceversa. Solo hay cinco similares en Europa y cerca de cincuenta en todo el mundo. Red Eléctrica ha optado por la corriente continua porque esta tecnología reduce las pérdidas de energía, que serían muy elevadas en unos cables tan largos. También porque permite controlar el flujo de electricidad en los dos sentidos y triplicar la potencia transportada. “La construcción comenzó en 2009 y a finales de abril está prevista la finalización de los trabajos de montaje”, avanza Conchita Velázquez, jefa de Proyecto de Siemens.

En su construcción también se han tenido en cuenta los factores medioam-





Vista aérea del cable en la cubierta del *Giulio Verne*.



Red Eléctrica quiere respetar el entorno. En la imagen, un sónar busca posidonia.

bientales. “Hemos pretendido que sean instalaciones que se integren en el entorno. En Sagunto, que es una zona industrial con riesgo de contaminación, todos los equipos están dentro de edificios. Lo mismo hemos hecho en Santa Ponsa, pero por integración visual. Es una zona turística, rústica, y se ha cuidado mucho el aspecto, tanto el color de los edificios como que no quedaran equipos fuera”, explica Granadino.

“En la estación de Santa Ponsa se ha tenido especial cuidado en conservar la

flora autóctona mediante el trasplante de los algarrobos de la parcela donde se ha construido la instalación. También se ha tenido en cuenta la existencia de la tortuga mora para respetar su hábitat”, añade Conchita Velázquez. “En la convertidora de Sagunto se tuvo especial cuidado con la contaminación lumínica, debido a la proximidad del humedal del Marjal dels Moros, que es una zona protegida”.

Los trabajos de la conexión avanzan a buen ritmo. Entre abril y mayo se com-

pletará la instalación y la protección de los tres cables, lo que permitirá realizar un ensayo en junio. Desde esa fecha, se probarán las estaciones convertidoras hasta final de año. “A partir de octubre se hará la primera conexión de los dos sistemas, el peninsular y el balear, aunque todavía en pruebas”, avanza Granadino.

Una mejor calidad del suministro

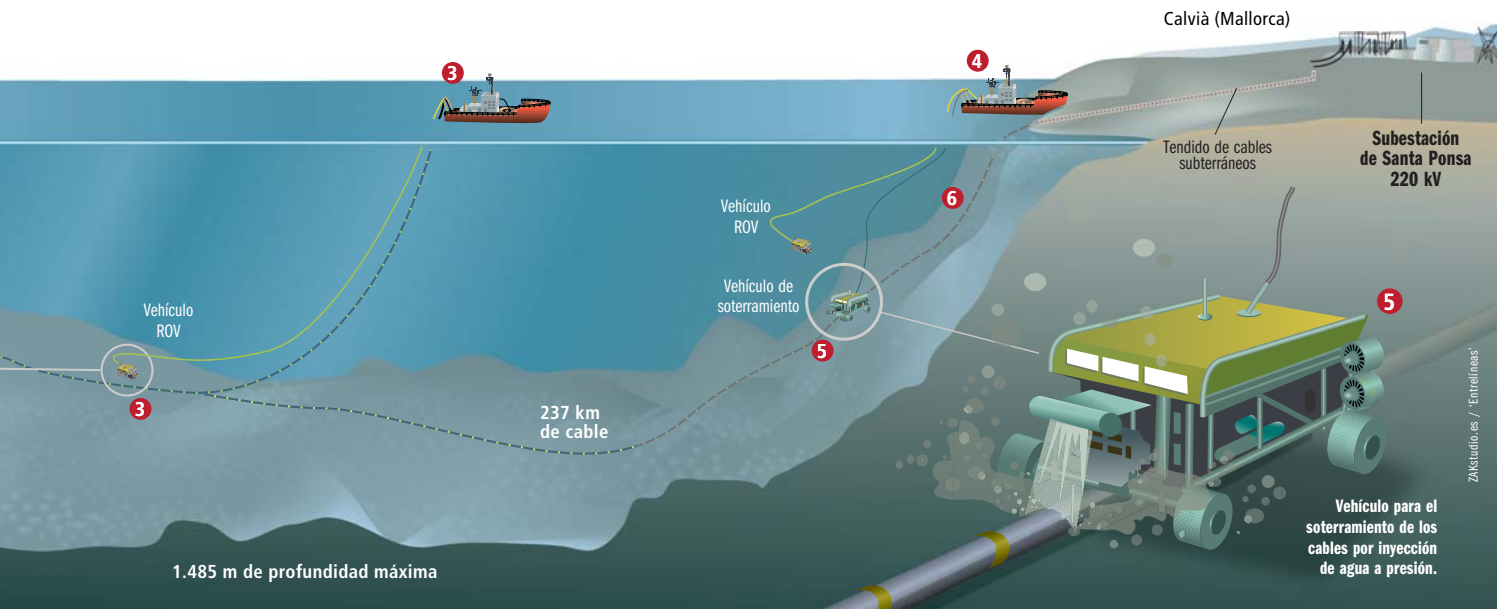
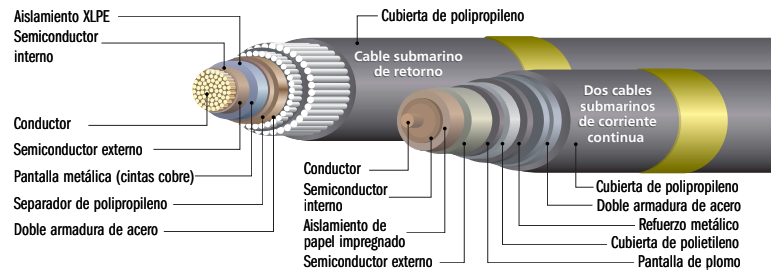
La interconexión tendrá una capacidad de transporte de 400 megavatios (MW), lo que representa un tercio de la demanda

3 Durante el tendido se efectúa una monitorización para controlar la colocación del cable sobre el lecho marino, mediante un vehículo de control remoto (ROV). Este realiza pequeños ajustes del trazado y evita algunas irregularidades del fondo.

4 Cuando el barco llega a la costa opuesta, en zonas poco profundas, se detiene y suelta el cable restante.

5 A partir de este momento, se utilizan vehículos para el soterramiento de los cables por medio de agua a presión.

6 Se emplean dos cables submarinos de corriente continua, con una longitud de 237 kilómetros cada uno, y un cable de retorno para aumentar la disponibilidad. Cada cable submarino se tiende en una longitud única sin realizar empalmes durante el tendido.



Cables eléctricos submarinos, un negocio en alza

Los fabricantes de cables eléctricos submarinos están de enhorabuena. En los últimos años, se han abordado proyectos de envergadura como el enlace entre Noruega y Holanda (NorNed), de 580 kilómetros de longitud, o la conexión entre Cerdeña y la península italiana (SAPEI), de 435 kilómetros. Fabricar un cable como los que unirán Baleares y la península Ibérica, de 244 kilómetros, proporciona un año y medio de trabajo a las empresas encargadas.

Sin embargo, todos los proyectos anteriores pueden quedarse pequeños si prospera el plan que estudia la empresa energética islandesa Landsvirkjun de unir la isla con el Reino Unido o con la Europa continental. La longitud de la conexión variará según el país elegido. Entre los que optan a recibir la energía geotérmica islandesa destacan, además de Gran Bretaña, Holanda, Noruega y Alemania. Las costas de Escocia son las más cercanas a Islandia, unos 800 kilómetros, seguidas por las de Noruega, que están a menos de 1.000 kilómetros.

A estos grandes proyectos se une la proliferación de parques eólicos marinos, que necesitan también conexiones bajo el mar para transportar la energía eléctrica generada. Las principales empresas que operan en el sector de cables eléctricos submarinos son, además de algunos fabricantes japoneses, la sueco-suiza ABB, que suministró el cable de NorNed, la italiana Prysmian y la noruega Nexans.

Según el director de Red Eléctrica en Baleares, Ramón Granadino, Prysmian y Nexans, elegidas para fabricar los cables de la conexión entre Mallorca y Valencia, “son las dos empresas más experimentadas y las únicas que tienen barcos capaces de realizar este tipo de tendidos”. El *Giulio Verne* y el *Skagerrak* pueden transportar 7.000 toneladas de cable, lo que resulta imprescindible puesto que cada uno pesa en torno a 6.700 toneladas. ■



Varios operarios depositan el cable sobre flotadores desde la popa del *Skagerrak*.

máxima en Baleares (unos 1.300 MW) y una cuarta parte de la capacidad instalada en las islas (1.900 MW). “Lo más relevante para nosotros es la seguridad que aportará el hecho de conectar el sistema de Baleares con el sistema peninsular y europeo”, subraya Granadino.

“En un sistema pequeño, como los insulares, todo tiene más repercusión; cualquier incidente se nota. Ahora, cualquier percance en una central se cubre equilibrando la oferta y la demanda, desconectando parte de los clientes. En un sistema interconectado rara vez se pro-

ducen esas repercusiones”, añade el director de Red Eléctrica en Baleares.

En realidad, el sistema balear está constituido por dos subsistemas independientes: uno que integra a las islas de Mallorca y Menorca, unidas desde los años setenta por un cable de 40 kilómetros, y otro formado por Ibiza y Formentera. El subsistema de Mallorca y Menorca consume unos 1.000 MW, el 80%. Para terminar con este aislamiento, Red Eléctrica tiene previsto unir Mallorca con Ibiza con dos cables que se instalarán en 2013 y 2015, y que supondrán una inversión de unos 160 millones de euros.

Además de mejorar la calidad y la seguridad del suministro, la conexión con la Península permitirá reducir los costes de generación. “Otra ventaja es que se puede sustituir una parte de la energía que se genera en Baleares. Las centrales aquí son más pequeñas y su rendimiento es inferior a las de la Península. El coste medio es más alto”, señala Granadino. Según sus cálculos, la conexión submarina permitirá ahorrar 35 millones de euros al año, un 5% del coste de generación. “No está mal. Solo con esto se amortizaría en diez años la inversión del proyecto”. Esta posibilidad redundará también en la disminución de las emisiones de CO₂, ya que el parque de generación en Baleares está formado ahora por centrales de carbón, fuel y gasóleo, un *mix* más contaminante que el del sistema peninsular, que cuenta con plantas nucleares e hidráulicas y con parques eólicos, que no emiten CO₂.

La conexión entre Baleares y la Península está incluida en el Plan Estratégico de Red Eléctrica y en la Planificación Energética diseñada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para el periodo 2008-2016. El objetivo de este plan es garantizar la cobertura de la demanda prevista en las condiciones adecuadas de seguridad y calidad.

En el caso de Baleares, la demanda de energía eléctrica ha crecido a una tasa media anual del 4% durante la última década, por encima de la media española, lo que arroja un incremento acumulado del 70%. ■

El Año Internacional de la Química pretende que la sociedad valore la aportación de esta disciplina al progreso humano y su papel en un futuro sostenible

La probeta limpia

Por una reacción química penetra el espermatozoide en el óvulo para fecundarlo y por otra exhalamos el último aliento. Pensamos con la química, nos movemos ayudados por la química; vemos, oímos y olemos gracias a la química; y respiramos y comemos para que la química nos mantenga vivos. No solo somos química sino que nuestro mundo cotidiano está creado merced a ella. Su acelerado desarrollo a lo largo de los últimos dos siglos ha transformado nuestro entorno, aunque esa misma velocidad también ha propiciado que la actividad industrial no siempre haya ejercido un adecuado control sobre sus efectos indeseables. Hoy la química, sin dejar de generar los hallazgos que continúan mejorando el bienestar humano, quiere hacerlo consumiendo menos recursos, evitando emisiones contaminantes y mejorando la seguridad para no afectar a la salud ni al medio ambiente. En este Año Internacional de la Química reivindica su buen nombre mostrando la probeta, su símbolo universal, más limpia que nunca. ■ **POR Ignacio F. Bayo, DIVULGA.**

CUANDO MARÍA, OBSERVANDO EL techo de la cueva con su mirada de ocho años, dijo aquellas célebres palabras: “Mira, papá, bueyes”, no solo estaba desvelando al mundo la existencia del arte prehistórico, sino también una de las primeras manifestaciones de la química aplicada, aunque ni la niña ni el autor de aquellas pinturas fueran conscientes de ello. Uno puede imaginarse a nuestro antepasado de hace casi 20.000 años en cuclillas, machacando en su primitivo mortero las piedrecillas sabiamente escogidas por su alto contenido en óxido de hierro, o el carbón vegetal procedente de los restos de la hoguera situada a la entrada de la cueva y mezclando después los



polvillos resultantes con grasa animal para obtener la pasta con los pigmentos rojo y negro que dominan los trazos de los bisontes de Altamira.

Todo el arte parietal prehistórico utilizó pigmentos minerales y restos orgánicos mezclados con un aglutinante procedente de sus presas para conseguir los diferentes colores de su paleta, aprovechando de forma inconsciente la química. Pero no fueron los primeros, ya que medio millón de años antes, sus tatarabuelos ya supieron aprovechar esta ciencia mediante el control del fuego, que poco a poco les permitió desarrollar portentosas aplicaciones: defenderse, calentarse, iluminar la noche y cocinar los alimentos. En ningún momento, desde aquel chispazo genial, la química ha dejado de estar presente en todas las civilizaciones

humanas y sus aplicaciones han marcado el progreso de cada una de ellas.

La importancia de 'The Sceptical Chymist'

Pese a su larga trayectoria y a su intimidad con las actividades humanas, el uso de la química había sido siempre fruto de la experiencia, con escasa vinculación entre su utilización y el conocimiento de sus fundamentos. Sus primeros pasos como corpus científico no se dieron hasta finales del XVII, cuando Robert Boyle publicó su obra *The Sceptical Chymist*, en la que no solo sentó las bases de la disciplina sino que le dio nombre, ya que es la primera vez que se utilizó el término de química. El devenir de la investigación en este campo transcurrió con cierta lentitud hasta que Lavoisier, un siglo después, le dio el empujón definitivo, permitiendo el enorme desarrollo que se ha producido durante los últimos dos siglos. En tan corto periodo de tiempo ha sido capaz de transformar el mundo por completo; dejándolo irreconocible para un viajero del tiempo que, procedente de finales del XVIII, se asomara a nuestra época. La higiene, los fármacos, los cosméticos, los materiales, la energía, la alimentación, la agricultura, la industria, la electrónica, la construcción, los combustibles, las fibras textiles, los medios de transporte... nada ha escapado a su influjo.

Ni siquiera la mala fama. De los laboratorios salieron los descubrimientos y a partir de sus aplicaciones fue desarrollándose la industria química, que es la que ha dado forma a esa transformación del mundo. De allí han surgido los materiales, las sustancias y los productos y también las emisiones, las controversias y un cierto temor a lo desconocido. Disponemos en la actualidad de más de catorce millones de moléculas, la mayor parte de ellas inexistentes en la naturaleza. Esa característica permite aprovechar cualidades nuevas, por lo que se abren posibles aplicaciones de interés, pero al mismo tiempo hace que tengamos escasos conocimientos sobre sus efectos. Un delicado equilibrio que no siempre es bien entendido por la sociedad, más atenta a veces a los efectos secundarios que a los beneficios, ignorando que se pueden mante-



Alfredo Pérez Rubalcaba, en el acto de inauguración del Año Internacional de la Química 2011, en el CSIC.

ner o incrementar estos y reducir o eliminar aquellos. Así, programas como el REACH europeo, destinado a investigar a fondo los efectos indeseables de las sustancias químicas más utilizadas por la industria, permitirá eliminar las más perniciosas, diseñar mecanismos para evitar los efectos de otras y en muchos casos buscar alternativas más limpias.

Para explicar a la sociedad el papel que la química juega en nuestro bienestar, la UNESCO declaró 2011 Año Internacional de la Química (AIQ). Y ahondando en esta idea, Alfredo Pérez Rubalcaba, vicepresidente primero del Gobierno, ministro del Interior y químico de formación, señaló durante el acto inaugural de la celebración que “con todas sus contradicciones, los avances de la química representan muy bien el progreso humano”. Y para realzar los beneficios que esta ciencia nos ha proporcionado concluyó citan-

do a Antonio Muñoz Molina, diciendo: “Basta recostarse en el sillón del dentista para que se le cure a uno cualquier nostalgia de paraísos pretecnológicos perdidos. Cualquier tiempo pasado anterior a la anestesia fue pavoroso”.

Una celebración diaria

El razonamiento es compartido por la inmensa mayoría de los científicos que trabajan en el área. El ilustre químico estadounidense Richard Zare, premio Fronteras del Conocimiento de la Fundación BBVA en 2009, en el apartado de Ciencias Básicas, dice respecto a la celebración del AIQ: “Muchos de quienes ejercemos la química creemos que sus logros deberían celebrarse todos los días... pero hemos tenido un año de la física, así que es adecuado tener también uno dedicado a la química para celebrar lo que esta ha hecho por la humanidad”. Y es que, según Zare,



Vista general del salón de actos del CSIC. A la derecha, Rafael Rodrigo, Cristina Garmendia, Alfredo Pérez Rubalcaba, Ángel Gabilondo y Carlos Negro.

nuestro conocimiento del modo en que se pueden transformar unas sustancias en otras, que es lo que hace la química, “se encuentra aún en su infancia”.

Para que la gente aprecie todo ello, es necesario que conozca más de cerca la química y con ese objetivo se han programado los actos que a lo largo del año intentarán acercar esta ciencia a los ciudadanos de nuestro país. Según Carlos Negro, presidente de la Asociación Nacional de Químicos de España (ANQUE) y del Foro Química y Sociedad, “hay programadas actividades para todos los públicos, de todas las edades y condiciones, y en todos los ámbitos: el de la ciencia, la educación, la sociedad, la industria, las instituciones...”. En total, asegura, el número de actividades se puede contar por millares, porque a las que se han programado desde el Foro Química y Sociedad, que en España es el encargado de los festejos del AIQ, se suman las que a título local o personal organizan centros de enseñanza, profesores, colegios profesionales, centros culturales y otras instancias.

Para empezar, el acto inaugural, que tuvo lugar el 8 de febrero en Madrid en la sede del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), contó con la presencia, además de la ya citada del vicepresidente del Gobierno, de los ministros de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, y de Educación, Ángel Gabilondo, lo que supone un claro respaldo gubernamental a la celebración. “Esperamos que el acto de clausura, que se celebrará en Cataluña, sea también un evento importante. Si el de febrero

estuvo inclinado hacia la educación, el de cierre queremos que tenga un enfoque más industrial y profesional y por eso esperamos contar con la presencia del ministro de Industria, Turismo y Comercio, si es posible otra vez con la ministra de Ciencia e Innovación y con el presidente de la Generalitat”, dice Negro.

Un sector industrial estratégico

En el ámbito parlamentario, se presentaron dos proposiciones no de ley, una a través de la comisión de Educación y otra a través de la de Ciencia e Innovación. “La primera se aprobó en el Congreso, con el apoyo de todos los grupos —explica Carlos Negro—, pero la segunda, dado que

tenía un componente económico y eso en estos tiempos de restricciones dificulta el trámite, ha quedado de momento pendiente. Estamos intentando reconducirla para que el sector industrial químico sea considerado uno de los estratégicos”. Y el presidente de ANQUE recuerda que el químico supone el 10% del conjunto del sector industrial de forma directa “y un porcentaje importante de actividad inducida, ya que provee de materiales y productos a las demás industrias: farmacéutica, construcción, papelera, automóvil, alimentación... Si miras los datos de paro, ves que en las zonas con polos industriales químicos están muy por debajo de la media nacional”. Y apostilla que “si el



La química representa el 10% de todo el sector industrial español.

El año de las científicas

La excusa elegida para declarar el Año Internacional de la Química (AIQ) ha sido el centenario de la concesión del Premio Nobel de la especialidad a Marie Curie, sin duda el ejemplo más citado de mujer dedicada a la ciencia en una época en la que las puertas de la investigación, e incluso de la formación universitaria en ciencias, estaban prácticamente cerradas a las mujeres. Curie abrió muchas de esas puertas y sirvió de ejemplo a las siguientes generaciones. Hoy persisten trabas de carácter sexista, menos visibles pero discriminadoras, que se aprecian en los porcentajes de mujeres que acceden a los puestos más altos de la carrera investigadora o en la concesión de distinciones. Por todo ello, 2011 ha sido también proclamado Año Internacional de las Mujeres Científicas.

En consonancia con esta doble celebración, el primer acto organizado dentro de las actividades del AIQ fue una

mesa de mujeres químicas que tuvo lugar el pasado 18 de enero en la Residencia de Estudiantes de Madrid. Se trataba de un acto convocado en todo el mundo, en el que participaron 31 países, mediante el cual se debatiera sobre la importancia de la química y el papel de la mujer en el quehacer científico. En todos los países participantes se celebró el acto a la misma hora local (9:30) y se intentó que hubiese una comunicación a través de videoconferencia para intercambiar opiniones y compartir experiencias. El acto organizado en Madrid contó con la presencia de diez eminentes científicas que, a lo largo de dos horas y media, explicaron a grandes rasgos su trabajo, debatieron sobre química y sobre las dificultades de la mujer en el mundo de la ciencia y apuntaron los retos que la disciplina tiene de cara al futuro.

Participaron en el acto Carmen Acebal, vicerrectora de Investigación y Política Científica de la Universidad Complutense de Madrid; Carmen Cartagena, coordinadora de las Olimpia-

país apuesta por un cambio en el modelo productivo, este es un sector con el que sin duda tiene que contar”.

La crisis económica ha sido, precisamente, un obstáculo a la hora de planificar actividades. Negro asegura que ello no ha reducido el programa, a pesar de ser ambicioso, pero sí ha llevado a acomodarlo. “Hemos definido proyectos tipo acordeón, de forma que si hay fondos se puede ampliar la actividad y, si no, se contrae pero se hace”. Apenas han recibido apoyo de la Administración, tan solo algunas ayudas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt), “que no cubren ni de cerca el coste de las actuaciones. Nuestro presupuesto inicial era de 100.000 euros y nos dieron 20.000”. Pero al mal tiempo buena cara, y el Foro aprovecha la estructura que ya tiene y el personal voluntario de las instituciones que lo forman: ANQUE, el Consejo General de Colegios de Químicos, la Real Sociedad Española de Química, el CSIC, las federaciones del sector de CC.OO. y UGT, la Federación Empresarial de la Industria Química (Feique), la Conferencia Española de Decanos de Químicas y la feria Expoquimia. Con su aportación, el entusiasmo de sus miembros y los siempre ralos fondos internos, están sacando adelante un programa amplio e imaginati-



Carlos Negro, presidente de la Asociación Nacional de Químicos de España (ANQUE), atiende a los medios.

vo. Y es que, como recuerda Carlos Negro, “no podemos cambiar el 2011; no podemos pasarlo al 2013 ni esperar a que soplen mejores vientos”.

Entre otras iniciativas, se ha convocado a los jóvenes de educación secundaria para que se graben a sí mismos hablando de cómo ven su entorno y su vida a través de la química. Se trata de que los cuelguen en las redes sociales y se difundan. Luego, habrá un acto de entrega de premios a los escogidos, una jornada que se completará con un espectáculo de magia química, una pequeña obra de teatro y vídeos de famosos que

se referirán a cómo les ayuda la química en su actividad. El acto tendrá lugar en el Instituto Ramiro de Maeztu de Madrid y se retransmitirá en directo a otros institutos. “Tenemos un objetivo: que se conecten al menos 500 centros; si lo conseguimos, hemos calculado que nos verán 25.000 alumnos y más de mil profesores”, dice Negro.

Entrar en el ‘Libro Guinness’

Otro concurso anima a presentar fotografías que tengan que ver con la química y el agua en la vida cotidiana. De las que se reciban se seleccionarán diez, que

das de Química y miembro de la Asociación Nacional de Químicos de España; Elena Domínguez Cañas, presidenta de la Sociedad Española de Química Analítica; Pilar Goya, directo-

ra del Instituto de Química Médica del CSIC; Pilar Martí, directora de Tecnología Química de Repsol y presidenta de la Plataforma Tecnológica de Química Sostenible; Rosa Menéndez,

profesora de Investigación del Instituto Nacional del Carbón; María Isabel Mijares, miembro de la Academia Española de Gastronomía y secretaria de la Unión Internacional de Enólogos; Margarita Salas, profesora ad honórem del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa; María Vallet, catedrática de Química Inorgánica de la Universidad Complutense de Madrid, y Carmen Vela, presidenta de la Sociedad Española de Biotecnología.

El acto puede verse a través de Internet en la dirección www.madrimasd.org.



Participantes en la mesa de mujeres químicas, celebrada en la Residencia de Estudiantes.

pasarán a formar parte de una exposición europea que se completará con las fotos seleccionadas por otros países de la Unión Europea. Esta exposición itinerante irá visitando durante todo el año diversas ciudades; entre ellas Bruselas, Londres, Budapest, Roma y, quizás, Barcelona. Y a una escala aún mayor, se pretende realizar un experimento que entre en el *Libro Guinness de los récords*. Bajo un nombre que es un juego de palabras —“Agua, una solución química”— se pretende que los estudiantes de colegios e institutos de todo el mundo realicen ensayos para medir la calidad del agua de su entorno y agrupar los resultados para hacer una especie de mapa de la situación del agua en el mundo. La iniciativa aspira a convertirse en el experimento con mayor participación de la historia.

Junto a todo ello, exposiciones, como la denominada *Entre moléculas*; libros, como el que se ha editado bajo el título de *Tienes química, tienes vida*; ciclos de conferencias, como el que se celebrará en el Instituto Cervantes; actividades abiertas al público durante la *Noche de los Investigadores* (en septiembre); talleres, como Movilab; jornadas para educadores, cur-

sos y muchas otras actividades que pueden consultarse en la web de la organización (www.quimicaysociedad.org).

Actividades que Carlos Negro asegura que tendrán una continuidad en años sucesivos para que no se quede todo en un mero paréntesis. Y es que uno de los retos es, precisamente, mirar hacia el futuro. “No podemos pretender que en un año cambie la mentalidad de la gente. Lo que 2011 debe hacer es marcar un cambio de tendencia”. En esa misma línea, Richard Zare dice: “Creo que la celebración del Año Internacional de la Química no solo debería ser un momento para mirar atrás sino también hacia delante, para darnos cuenta del papel clave que la química ha de jugar en otros logros, especialmente en conseguir un planeta sostenible”. La química, en su opinión, estará involucrada de forma fundamental “en el esfuerzo de sostenibilidad que supone alimentarnos, disponer de agua potable, un aire limpio que respirar y suficiente energía como para sostener el nivel de vida que la mayoría considera adecuado, y hacer todo esto sin destruir la posibilidad de que quienes vendrán detrás de nosotros puedan dis-

frutar de esas mismas cosas durante su vida en la Tierra”.

Puede resultar irónico que la actividad química, puesta en cuestión por muchos debido a sus efectos medioambientales, sea considerada como uno de los principales mecanismos para salvar nuestro entorno. Obviamente, la única manera de afrontar los retos derivados del cambio global que sufre la Tierra es el conocimiento. Y la química, disciplina central en el conjunto de la ciencia, está llamada a protagonizar el futuro, suministrando el conocimiento necesario para encontrar soluciones. También lo recordó Alfredo Pérez Rubalcaba en su alocución, al señalar que el AIQ, “por encima de todo, debería servir para que la sociedad entendiera que muchos de los problemas actuales se van a resolver de la mano de los químicos. De su mano encontraremos nuevas formas de energía, encontraremos formas eficaces de luchar contra el hambre; también contra el crimen. Las posibilidades son enormes, aunque es verdad que la responsabilidad de que esas posibilidades se concreten la tenemos nosotros”.

En 1994 se dio el primer paso. Aquel año, Enresa y las centrales nucleares decidieron reducir el volumen de gestión de los residuos generados por estas instalaciones a través de un plan de actuaciones concretas. Después fueron llegando diferentes proyectos con varias alternativas de gestión: reducir el volumen de los materiales radiactivos, reclasificarlos en residuos de menor actividad o desclasificarlos. Los buenos resultados obtenidos hasta el momento animan a seguir trabajando en la misma dirección. ■ POR E. Vico y M. Quirós, ENRESA.

*Los proyectos implantados por Enresa
y las centrales nucleares han permitido generar
18.600 bultos menos y un ahorro económico de
26,5 millones de euros en quince años*

Actuaciones de reducción de volumen en la gestión de residuos radiactivos



En 1990, se generaban 6.730 bultos anuales; en los últimos años, la cifra se ha reducido hasta los 2.500. En la imagen, compactación de un bulto en El Cabril.

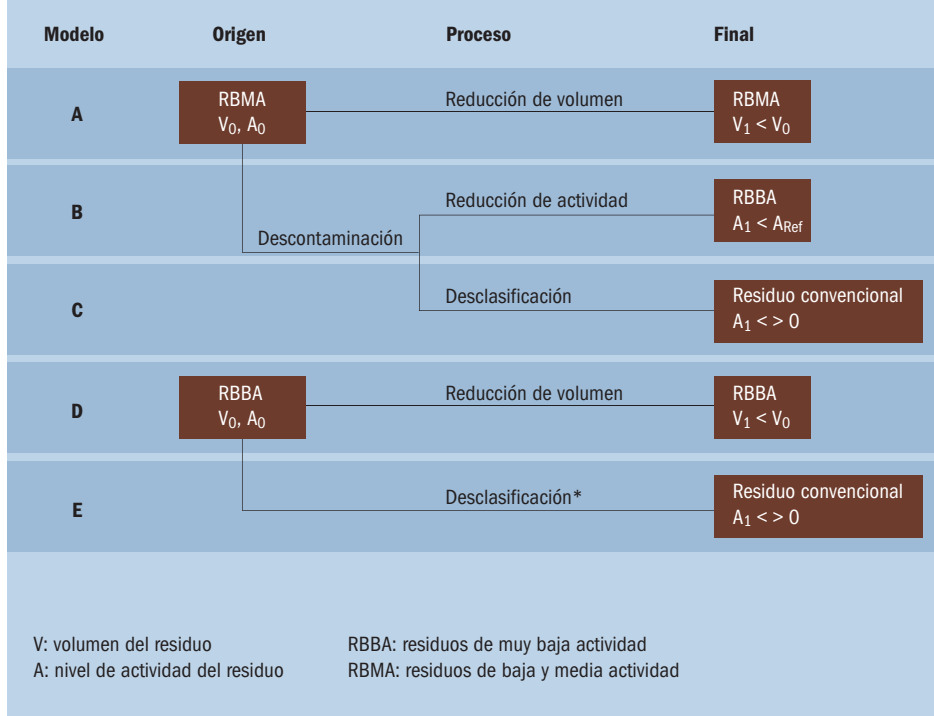
DISMINUIR LA GENERACIÓN DE residuos de baja y media actividad (RBMA) de las centrales nucleares españolas. Ese fue el objetivo del Plan de actuación de reducción de volumen que en 1994 decidieron acometer de forma conjunta Enresa y las distintas centrales nucleares. El 1 de junio de ese año, el Comité de Enlace y la Comisión Paritaria Unesa-Enresa suscribieron un acuerdo que contemplaba un plan de actuación para reducir el volumen en la producción de bultos acondicionados de residuos radiactivos RBMA. Dicho acuerdo se ha ido renovando a lo largo de los años, estando actualmente vigente el suscrito en mayo de 2009.

Tras la firma del acuerdo inicial y como resultado del estudio de las posibles actuaciones en cada central nuclear se editó, en enero de 1995, el denominado “Plan global de actuaciones para reducción de volumen”, en el cual se proponía la adopción de proyectos sencillos y concretos cuyo resultado no presentase incertidumbres importantes. Una vez que los proyectos de la primera fase fueron implantados con resultados positivos, se decidió acometer una segunda fase, de carácter más amplia que la anterior, editándose en julio de 1997 el documento “Segunda fase del Plan global de actuaciones de reducción de volumen de RBMA en centrales nucleares”.

Desde entonces se han implantado nuevos proyectos de reducción de volumen y ha continuado el desarrollo y la ejecución de nuevas propuestas, que persiguen la optimización de la gestión de residuos radiactivos para reducir su volumen y optimizar así la capacidad de almacenamiento de El Cabril, siempre que la valoración coste-beneficio resultase favorable.

En base a lo anterior, y teniendo en cuenta los tipos de residuos radiactivos que se pueden generar en las centrales nucleares, en la figura 1 se identifican, de forma simplificada, las posibles alternativas de gestión de estos residuos, que pueden llevar bien a su reducción de volumen (A y D), a su reclasificación en residuo de menor actividad (B) o a su desclasificación (C y E).

Figura 1. Alternativas para optimizar la gestión de los residuos radiactivos



Reducción de volumen de residuos en las centrales nucleares

A nivel general, puede decirse que todas las centrales nucleares en España, de una forma conjunta, han acometido una misma política cuyo objetivo es el logro de la mayor reducción de volumen posible, llevando cada una de ellas un ritmo diferente. La existencia de sucesos operacionales específicos —el programa de recargas, la realización de campañas de acondicionamiento de residuos que ya habían sido generados en años anteriores o la adopción de políticas medioambientales sobre efluentes propios del entorno de cada central— hace que no se puedan establecer hitos de producción fijos.

Los proyectos de reducción de volumen implantados, en base a la naturaleza de los residuos, se enumeran a continuación.

■ Resinas

En la mayoría de las centrales nucleares españolas, se ha logrado una progresiva disminución en la generación de bultos de resinas de baja actividad desde principios de los años noventa hasta ahora. Se ha conseguido a través de la política

de reducción de volumen de las centrales, así como del resultado directo de la implantación de proyectos de mejora en los sistemas de tratamiento.

■ Concentrados de evaporador

Los concentrados de evaporador han sido el caso más importante de reducción, tanto cuantitativa como cualitativamente. De hecho, las centrales que actualmente están en operación ya no generan residuos de este tipo, a excepción de la de Cofrentes. Para lograrlo ha sido fundamental la implantación de proyectos de reducción de volumen que han permitido disminuir la producción de bultos del siguiente modo:

— Implantar proyectos de reordenación de drenajes para evitar la entrada de fluidos cargados químicamente, pero limpios desde el punto de vista de actividad, al sistema de drenajes radiactivos. De esta forma se reducía en origen el volumen de fluido a procesar a través de los evaporadores, disminuyendo en consecuencia el volumen de concentrados.

— Una vez hecho esto, se acometieron proyectos para reducir el número de bultos de concentrados, acondicionando estos residuos dentro de los bultos de



Las centrales nucleares españolas han adoptado importantes políticas de reducción del volumen de residuos. En la imagen, un transporte cerca de la central de Cofrentes.

resinas, como sustitutivo del agua limpia. Como la producción de resinas también iba disminuyendo, no era factible absorber todo el volumen de concentrados existente.

— Debido a que no era factible la absorción total, se optó por proyectos de desecación de concentrados y lodos mediante la implantación de equipos de secado en continuo de este tipo de residuo.

■ Lodos húmedos

La reducción en la producción de lodos ha sido paralela a la de concentrados, con la diferencia de que se trata de un volumen menor. En la actualidad, la producción de bultos de este tipo es nula en la mayoría de las centrales nucleares.

■ Residuos compactables

En cuanto a los residuos compactables, la reducción en la producción anual desde los años noventa hasta la actualidad también ha sido notable gracias a la implantación de los proyectos de segregación de compactables. Las centrales han de continuar con esta política de reducción de volumen manteniendo activa la segregación de dichos residuos para que los nive-

les de generación de residuos compactables RBMA se mantengan e incluso disminuyan los de generación de residuos de muy baja actividad (RBBA).

No obstante, cabe reseñar que se producen variaciones anuales en la generación de este tipo de bultos, debido a los periodos de recarga de combustible (generalmente cada dos años), en los que prácticamente se duplica la producción de residuos compactables.

■ Residuos no compactables

Inicialmente no hubo una reducción de los bultos de residuos no compactables pero, una vez implantados los proyectos basados en descontaminación de materiales y su salida hacia una gestión convencional, la disminución ha sido importante. Asimismo, la implantación del uso de contenedores tipo CMT ha proporcionado la posibilidad de disminuir el volumen almacenado sin que disminuya necesariamente el volumen del residuo.

■ Filtros y lodos secos

Por último, para el caso de los filtros de circuitos líquidos y lodos secos no se ha dado una disminución debido a la reduc-

ción de volumen, ya que su bajo valor de producción hace que no sea beneficiosa la implantación de proyectos de reducción de volumen en estos casos.

Los proyectos de desclasificación

La reducción de volumen fruto de los proyectos de desclasificación es una línea de trabajo enfocada a la desclasificación de materiales, de forma que no se requiera la gestión final de los mismos como residuos radiactivos. Dentro de esta línea cabe destacar dos grupos de proyectos.

El primero es el de proyectos genéricos presentados por Unesa para la desclasificación de aceites, carbón activo y maderas, apreciados favorablemente por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Dentro de este grupo, entre los años 2003 y 2009 se ha llevado a cabo un proyecto de validación de los factores de escala definidos para los residuos de media y baja actividad de las centrales nucleares, con el fin de demostrar su aplicabilidad a los materiales de estas instalaciones cuya gestión sea la desclasificación. El 2 de diciembre de 2008, el CSN emitió la apreciación favorable de este proyecto.

Tabla1. Reducción de bultos en las centrales nucleares españolas (1995-2010)

Central nuclear	Proyectos implantados	Reducción en bultos RBMA
Garoña	8	2.987
Almaraz	14	3.178
Ascó	8	2.925
Cofrentes	13	3.891
Vandellós II	8	1.368
José Cabrera	1	1.928
Trillo	13	2.329
Centrales nucleares	17	Estudios genéricos / Compra de equipos
Total	82	18.606

El segundo de los grupos corresponde a los proyectos específicos para cada una de las centrales nucleares referentes a la desclasificación de cantidades limitadas de chatarras contaminadas, como ha sido el proyecto del Almacén III de la central José Cabrera y el proyecto de desclasificación de tubos del condensador en la de Santa María de Garoña.

En el proyecto del Almacén III se trataron 404.309 kilos de chatarra potencialmente contaminada, de los cuales un 62% resultó desclasificado. El volumen de material desclasificado supuso un gran ahorro a nivel económico, además del importante ahorro de espacio en el centro de almacenamiento de El Cabril. Asimismo, los trabajos de descontaminación llevados a cabo permitieron modificar la clasificación de una importante cantidad de RBMA a RBBA. Esto supone también un importante ahorro económico en gastos de gestión.

En el proyecto de la central de Santa María de Garoña se han tratado 220 toneladas de chatarra correspondientes a los tubos del condensador que se encontraban almacenados en la planta en contenedores tipo CMD. Como resultado del proceso, el 100% del material ha sido desclasificado. Las medidas para esta desclasificación se han realizado con un equipo de espectrometría gamma tipo Box-Counter. En la actualidad, todo el material está a la espera de su salida de la instalación.

Dentro de los proyectos referentes a la desclasificación de chatarras, se están llevando a cabo o se van a realizar en el próximo año los siguientes:

— Almacén de piezas de baja actividad (APBA) de la central nuclear de Cofrentes asociado al *re-racking*. Este proyecto se basa en el acondicionamiento y la desclasificación, previa descontaminación, de un volumen importante de material (520 m³) que se encontraba en el APBA. Se espera conseguir de este modo un 95% de reducción de volumen de residuo a almacenar en el centro de El Cabril (494 m³ de material).

— Fundición de grandes componentes metálicos en las instalaciones de Studsvik (Suecia). Con el envío a Studsvik de tres calentadores de agua de alimentación, que se encuentran almacenados en la central nuclear de Cofrentes, se espera reducir los 130 m³ de residuo RBBA iniciales a 6,5 m³ de residuos RBMA, quedando el resto de material desclasificado.

— Desclasificación de grandes componentes de la turbina en Santa María de Garoña. El objetivo de este proyecto es desclasificar un elevado porcentaje de chatarra correspondiente a una serie de grandes componentes de turbina (álabes, carcasas, diafragmas) almacenados en la central. Según la experiencia obtenida en proyectos similares, la previsión es desclasificar hasta un 90% del material, es decir, 280 toneladas de chatarra de un total de 312.

La reducción de volumen entre 1995 y 2010

Desde el 1 de enero de 1995 —año en que se empiezan a valorar estos datos— y el 31 de diciembre de 2003 se contabilizaron 12.222 bultos no producidos, como

consecuencia de la implantación de los proyectos mencionados anteriormente.

Entre 2004 y 2008, la ejecución de proyectos de reducción de volumen se vio disminuida por la paralización del grupo de trabajo Enresa-Unesa. No obstante, se llevaron a cabo algunos proyectos que permitieron la no generación de 3.026 bultos. Y cabe destacar que durante los años 2005-2006 se desarrolló en la central José Cabrera un proyecto de desclasificación de chatarras que supuso un ahorro de 1.928 bultos. Asimismo, entre los años 2009-2010, el proyecto de desclasificación de tubos del condensador de Santa María de Garoña ha supuesto un ahorro de 1.430 bultos. El desglose por centrales nucleares se presenta en la tabla 1.

La generación de 18.606 bultos (4.093,32 m³) hubiese supuesto un gasto económico de 26,5 millones de euros para su gestión. Por tanto, la inversión económica realizada en los proyectos de reducción de volumen, cerca de 11 millones de euros, ha supuesto tanto un ahorro económico como en el grado de ocupación de El Cabril.

También cabe indicar que la reducción de volumen lograda con los proyectos previstos es solo una parte de las cifras totales, ya que cada una de las centrales nucleares ha llevado a cabo, de forma adicional, otras actuaciones. La conjunción de las diferentes medidas ha permitido disminuir los números en estos años: desde los 6.730 bultos del año 1990, a los 2.740 del año 2000 o a los 2.417 del año 2005. Podría decirse que la primera reducción, alcanzada entre los años 1991 a 1994, es el resultado de las actuaciones realizadas por las propias centrales, llegando a situar la producción anual del conjunto de ellas en torno a los 4.500 bultos. Posteriormente, la segunda reducción, que puede asociarse en gran medida a los proyectos de reducción de volumen, es la que ha situado la producción total de las centrales españolas estabilizada en torno a los 2.500-3.000 bultos al año.

Esta tendencia en la producción de bultos RBMA se vio alterada en 2007, debido al acondicionamiento de residuos acumulados a lo largo de la vida opera-

Figura 2. Bultos producidos en las centrales nucleares españolas (1990-2010)

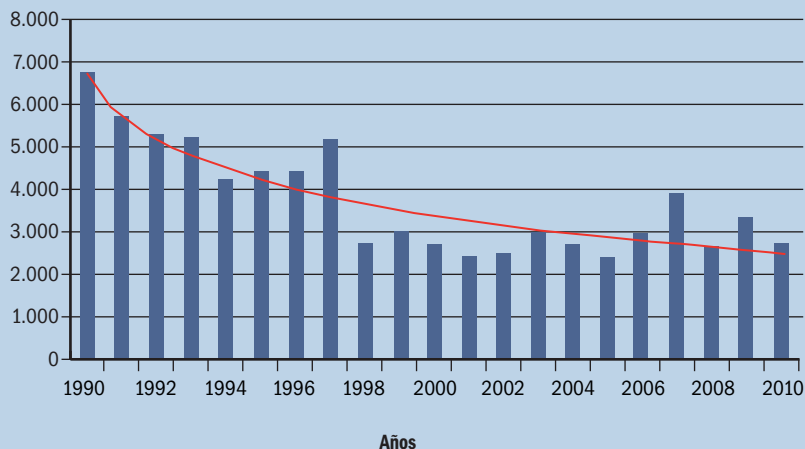


Figura 3. Inventario de residuos acondicionados según su naturaleza (31 de diciembre de 2010)

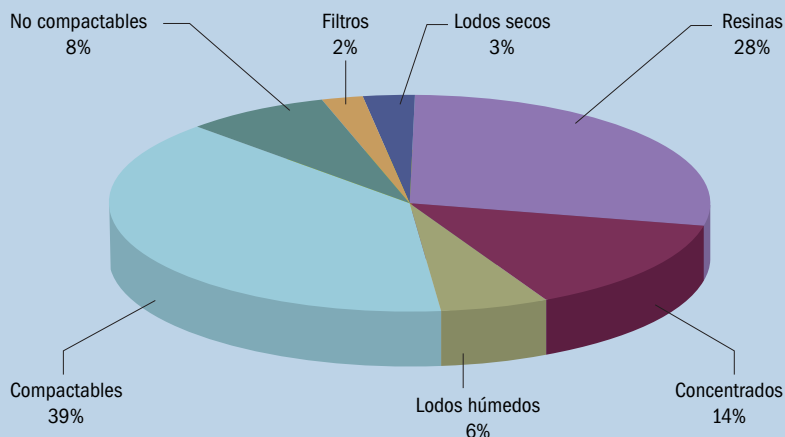
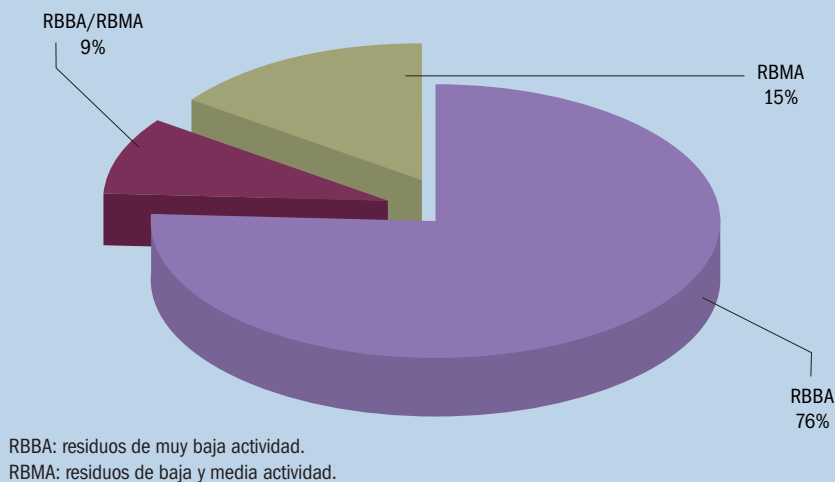


Figura 4. Clasificación de los residuos



tiva en los tanques de almacenamiento de la central de Santa María de Garoña, al acondicionamiento de los residuos generados en las actividades de limpieza, la descontaminación de áreas y sistemas, que se están realizando en la central nuclear José Cabrera, y al incremento de la producción prevista debido a los bultos generados como consecuencia de la última recarga en Cofrentes. Así, en el año 2007, la producción de bultos de RBMA fue de 3.881, lo que supuso un incremento del 32% respecto a la producción del año anterior. Durante 2008, las centrales nucleares en explotación generaron 2.582 bultos de RBMA, volviendo a los valores medios de producción anual de RBMA del conjunto de las centrales nucleares.

De nuevo hubo un incremento en la producción de bultos en 2009. Ese año se alcanzó una producción de 3.361 bultos, es decir, un 41% más que en 2008. Este incremento se debió, fundamentalmente, a la campaña de acondicionamiento de bastidores de combustible llevada a cabo en Cofrentes en 2009. Y el año pasado, en 2010, se generaron 2.749 bultos, cifra que se sitúa de nuevo dentro de la media de producción anual alcanzada en las centrales.

Cabe destacar que las actuaciones de reducción de volumen, aparte de constituir un factor social de mejora en la imagen de la gestión de RBMA, están proporcionando un ahorro en la gestión económica de estos residuos, ya que por cada mil bultos no generados se produce un ahorro en su gestión futura valorado, de forma marginal, en 1,5 millones de euros aproximadamente. Dado que una gran parte de los proyectos mantiene la cifra de reducción anual de bultos a lo largo del tiempo, se obtienen cifras muy importantes de ahorro económico en la gestión a largo plazo, que superan significativamente el importe de dichos proyectos. En la figura 2 se muestra la tendencia en la producción de bultos de las centrales españolas entre los años 1990 y 2010.

Como un fiel indicador de la reducción de volumen de residuos de baja y media actividad que se está consiguien-

Tabla 2. Inventario de materiales susceptibles de ser desclasificados (m³)

	Grandes componentes	Chatarras en contenedores	Chatarras sueltas	Total
RBBA	2.455	112	280	2.847
RBBA / RBMA	116	230	9	355
RBMA	313	11	238	562
Total	2.884	353	527	3.764

Tabla 3. Posibles vías de gestión de los materiales (m³)

	RBBA	RBBA / BMA	RBMA	Total
Desclasificable	2.310	60	220	2.590
Residuo	12	178	342	532
Pendiente de definir gestión	525	117	0	642
Total	2.847	355	562	3.764

do, cabe destacar que el 4º Plan General de Residuos, en su edición de diciembre de 1994, cifraba en 53.800 m³ el volumen total de residuos de operación correspondiente a los cuarenta años de vida de las centrales nucleares. Sin embargo, en el 6º Plan General de Residuos, de junio de 2006, esta cifra ha sido modificada a 36.000 m³, lo que se traduce en una disminución de 17.800 m³ de residuos que no habrá que gestionar, y que equivale a 80.900 bultos de 220 litros.

Adicionalmente, el resultado actual más importante que está proporcionando la implantación de los proyectos de reducción de volumen es la optimización

del llenado de la instalación de almacenamiento de El Cabril, siendo factible estimar que, con las cifras previstas de producción de RBMA en las centrales nucleares, la vida útil de operación de dicha instalación se ampliará sobre la previsión inicial. En la figura 3 se muestra un gráfico con el inventario de residuos acondicionados a 31 de diciembre de 2010, según su naturaleza.

Futuro inmediato

En vista de los buenos resultados conseguidos, se considera necesario continuar trabajando en la línea de reducción de volumen. También se plantea iniciar el

desarrollo de proyectos de desclasificación para liberar las posibles chatarras almacenadas en las distintas instalaciones como resultado de los procesos de modificación de diseño y otros llevados a cabo en las mismas. Como futuro inmediato, ya se está llevando a cabo un proyecto de desclasificación de chatarras en la central de Cofrentes asociado al *re-racking* para tratar grandes componentes y se van a iniciar otros dos proyectos, uno en Santa María de Garoña y otro en colaboración con Studsvik.

Teniendo en cuenta todos los aspectos indicados, es necesario seguir realizando proyectos de reducción de volumen basados, primordialmente, en dos líneas de actuación:

— Desarrollar metodologías y tratamientos orientados a la desclasificación de los residuos o a la reclasificación de los mismos en unos de menor actividad.

— Estudiar alternativas de tratamiento (fundición de grandes componentes, entre otros) para los residuos radiactivos de diversos tipos, mediante servicios externos, que puedan proporcionar elevados factores de reducción de volumen.

Como punto de partida para los futuros proyectos de desclasificación, se toma una estimación del inventario de materiales susceptibles de ser desclasificados, que se puede ver en la tabla 2. Asimismo, se estima una clasificación inicial de dichos materiales con la distribución en RBBA, RBBA / RBMA y RBMA que muestra la figura 4. Y en base a esta clasificación radiológica inicial se consideran las posibles vías de gestión para ellos, como se puede apreciar en la tabla 3.

Según la estimación realizada con los datos disponibles, se podría desclasificar un 69% de las chatarras almacenadas en las centrales nucleares españolas. Enresa ha realizado una inversión importante en equipos de medida por espectrometría gamma, con el fin de llevar a cabo los proyectos de desclasificación que se han señalado anteriormente y así continuar trabajando en la reducción de volumen de residuos con la desclasificación de materiales o bien su reclasificación de RBMA a RBBA. ■



La reducción de volumen de residuos gestionados permitirá aprovechar mejor el espacio de El Cabril.

En el centro, Richard Reynolds,
precursor de la Guerrilla Gardening,
junto a dos de sus compañeros.



*Huertos, granjas
y colmenas se instalan
en la capital inglesa
y dan un toque rural
al espacio urbano*

LA GUERRILLA VERDE TOMA LONDRES

La revolución de mayo del 68 extendió la idea de que bajo los adoquines de París había arena de playa... Londres vive en los últimos años una fantasía similar. Dicen que bajo el asfalto está la hierba, que en un tejado de la céntrica Carnaby Street —muy cerca de Piccadilly Circus— se puede instalar un panal con la miel más rica del Reino Unido y que en la gran metrópoli también hay sitio para que pasten las ovejas. En este caso, la utopía se está convirtiendo en realidad.

POR Maruxa Ruiz del Árbol, PERIODISTA.

LA FACETA MÁS RURAL DE UNA CIUDAD tan agresiva y bulliciosa como Londres está logrando brotar de entre el asfalto. Docenas de asociaciones y grupos urbanos sacan adelante y con

éxito un movimiento que promueve que las actividades tradicionalmente rurales se lleven a cabo en plena urbe. La campaña inglesa está desembarcando en la ciudad y si no, atención a los datos: entre

los edificios de oficinas de Canary Wharf, el segundo centro financiero de la ciudad, Londres tiene la granja urbana más grande de Europa. Son trece hectáreas de suelo que se han logrado

proteger, no sin esfuerzo, de las garras de los especuladores. Es solo una de las quince *city farms* que proliferan en la capital. Además, el número de apicultores que tienen sus colmenas en la ciudad se ha multiplicado por diez en los últimos dos años y la *ruralización* sigue luchando por expandirse... En las calles de esta metrópoli se ha hecho fuerte un grupo armado de palas y esquejes: la Guerrilla Gardening.

Abejas en el tejado

Luke Dixon cuida de un panal de abejas en el tejado de su oficina. Él mismo lo instaló allí, en pleno corazón de Londres, en la mítica Carnaby Street. Luke es uno de los doscientos miembros de la London Beekeepers Association (en español, Asociación de apicultores de Londres). Esta organización enseña desde hace cien años las técnicas para tener panales propios en los lugares más insospechados: el jardín de casa, el tejado o una terraza, por pequeña que sea.

Hasta hace dos años criar abejas era solo una actividad marginal, el *hobby* de unos pocos. Pero en el verano de 2009 saltó la alarma: la población de abejas del Reino Unido había descendido un 15%. La noticia cobró la relevancia de un problema de Estado. Los cultivos británicos corrían el riesgo de quedarse sin sus polinizadoras, las abejas, trastocando toda la cadena alimenticia desde la base. Por eso el Gobierno laborista de Gordon Brown presentó un programa para alentar a los ciudadanos a tener y mantener sus propias colonias en casa y promovió el uso de colmenas de plástico que fueron publicitadas por todo el país. Desde entonces tener abejas en casa está de moda. Según la London Beekeepers Association no solo hay más apicultores aficionados en la ciudad sino que son más jóvenes y, lo más sorprendente, se concentran más en las zonas urbanas que en las rurales. "La iniciativa ha multiplicado por diez el número de pequeños apicultores y el número de abejas se ha doblado desde entonces, lo que supone el comienzo del fin de la crisis", comenta Martin Smith, el presidente de esta asociación.



RICHARD TWILTON

En el corazón de Londres está de moda cuidar panales de abejas instalados en los tejados de las oficinas.

Luke Dixon asegura que con una hora de dedicación a la semana obtiene cincuenta botes de miel al mes, y no de una miel cualquiera, sino de la mejor del Reino Unido. Desde 2003 la miel de Londres ha ganado la mayoría de certámenes de la Exhibición Nacional de Miel, y es que las colmenas de esta ciudad tienen la extraña suerte de poder polinizar especies de flores muy distintas. "Al cultivarse flores de manera artificial, en la ciudad crecen especies mucho más variadas y eso da a nuestra miel un sabor muy sofisticado". Eso sí, la inversión inicial para este pasatiempo puede elevarse has-

ta 4.000 libras (unos 4.300 euros) porque los panales artificiales no son baratos y, como estos insectos escasean en la ciudad, comprar el primer enjambre puede salir caro.

Richard Reynolds, el precursor

Toda esta nueva oleada de campesinos de asfalto acaba por conocerse y relacionarse sin proponérselo. Sus actividades son complementarias y antes o después terminan cooperando. En la London Beekeepers Association pocos desconocen el nombre de Richard Reynolds, el precursor de Guerrilla Gardening. Al fin y al



Mudchute Farm, una granja en medio de Londres.

La granja urbana más grande de Europa

Uno de los lugares más insólitos de Londres es Mudchute Farm, una granja en medio de la ciudad. Mejor dicho, trece hectáreas de campo entre edificios de oficinas, coches y personas desquiciadas por el estrés. Un sitio donde la ciudad huele a verde. Mudchute es la mayor granja urbana de Europa y una de las quince que existen en Londres. Sobrevive a la especulación gracias a un fenómeno solidario muy extendido en Gran Bretaña: las *charities*.

Todo empezó con la cabezonada de un grupo de vecinos que, en 1974, se empeñó en salvar una antigua granja de la especulación. Situada junto a los edificios de oficinas de Canary Wharf, muchos constructores se fijaron en la enormidad de su terreno, ideal para seguir edificando. Pero en 1977 los vecinos crearon Mudchute Association a fin de preservar la zona y mantenerla verde para todo el que quisiera acercarse a respirar un rato.

En 2008, Mudchute gastó 1.141.000 libras en cuidar a sus vacas, cerdos, cabras, caballos, faisanes... y cada penique llegó del bolsillo de un donante. En Gran Bretaña, el 54% de los adultos dieron parte de su dinero a una de estas asociaciones entre abril de 2008 y 2009, según el estudio anual UK Giving 2008/2009, basado en los datos de la Oficina de Estadísticas Nacionales. La clave de su éxito radica en que son organizaciones cercanas. Muchas de ellas se encuentran, literalmente, en la calle y son útiles para los ciudadanos.

Mudchute es el paradigma de este espíritu. Gracias a todos esos donantes, la granja sigue abierta al público todos los días y es gratis, como cualquier parque. Un parque enorme con un restaurante biológico cuya cocina sirve los productos que han crecido en su propia huerta. Pero lo mejor de Mudchute se concentra entre las 9.30 y 16.30. A esas horas, la granja organiza cursos de equitación y talleres para que los niños de ciudad aprendan a realizar las tareas del campo: por ejemplo, dar de comer a los animales, cepillarlos o limpiar los establos. ■

cabo, es él quien, con su esfuerzo, multiplica el número de flores que polinizan las abejas. “Para que el ciclo funcione, el número de flores y abejas necesita estar equilibrado”, comenta Luke.

Reynolds es todo un personaje en Londres. Su popularidad como el precursor de esta guerrilla verde le lleva a dar charlas por todo el mundo, aunque él dice que nunca ha dejado de hacerlo como un *hobby* cuyo único objetivo es simplemente el embellecimiento de la ciudad: “Just beautification”, dice él. Hace trece años que trabaja en una empresa publicitaria pero todo su tiempo libre lo dedica a la guerrilla. Comenzó en octubre de 2004, plantando en los espacios vacíos de su barrio, Lambeth North. “Siempre llevo unas semillas en la mochila y a veces, de vuelta a casa, planto flores en cualquier esquina, sin considerar de quién es esa tierra”.

Este trabajo embellecedor le ha hecho dar varias veces con sus huesos en las comisarías de Scotland Yard. Su movimiento, que tiene origen en el Nueva York de los años setenta, consiste en utilizar suelo urbano no edificado para hacer jardines “ilegales”. “Yo no planto verduras porque no lo hago por necesidad y porque debido a la contaminación del suelo los vegetales serían venenosos, pero en los países en vías de desarrollo este movimiento cultiva también verduras y hortalizas”.

Dice Reynolds que si prefiere saltarse los obstáculos de la ley es por comodidad. “Sé por experiencia que si pides permiso la respuesta es no; o es tan complicado lograr las licencias que se requieren años para hacer algo tan sencillo como plantar una semilla. A veces hemos ajardinado parcelas de particulares que en principio se negaban a ceder sus terrenos por miedo a que hubiera un accidente en su propiedad y, al final, han acabado agradeciéndonoslo”.

Para demostrar que su objetivo nunca ha sido reivindicar nada en especial sino solo “hacer aquello que parece lógico”, el año pasado aceptó la invitación del Ayuntamiento de Londres de unirse al grupo de planificación del espacio urbano. “Sigo colaborando con ellos. Creo que

está bien ayudar a las autoridades y darles un empujoncito, pero al ritmo al que vamos solo me reafirmo en que no puedo dejar de tener mi actividad en paralelo". Su colaboración con las instituciones no termina ahí. Para financiarse reciben donaciones y también venden semillas de la marca Guerrilla Gardening en los lujosos grandes almacenes Liberty.

El huerto sobre el súper

De todas las cosas que uno espera encontrar en el tejado de un supermercado, un hombre con botas de agua, pala y rastrillo no está entre las primeras. 'Food from the sky' es otra de esas iniciativas sorprendentes que plantan verde en cualquier esquina de la ciudad para intentar disfracarla de campo.

Frente a la puerta del supermercado Thornton's Budgens, al norte de Londres, un camión descargó hace un año diez toneladas de compost y trescientas cajas de plástico, donadas por el municipio de Haringey. Durante el mes de mayo de 2010, se construyó un auténtico huerto sobre el tejado cuyos frutos llenan cada viernes los pasillos del establecimiento. Lo que compran los clientes de Thornton's Budgens crece, literalmente, sobre sus cabezas. Allí se plantan y venden flores, zanahorias, patatas, boniatos, brécol, fresas y frambuesas, entre otros vegetales. Un grupo de voluntarios de 'Food from the sky' se encarga de hacer todo el trabajo. Aseguran que no supone un gran esfuerzo hacerlas crecer. "Las condiciones son buenas porque la calefacción y la iluminación del supermercado mantienen la tierra a una temperatura adecuada y evitan que las semillas mueran durante las heladas".

Desde marzo, la huerta del súper se ha transformado además en escuela. 'Food from the sky' abre los fines de semana para los colegios y ciudadanos que quieran aprender cómo producir vegetales en la ciudad. "Un día me gustaría ver supermercados con tejados-jardín por toda la ciudad", dice un voluntario.

Un registro de malas hierbas

En la fiebre por conservar el verde, en Londres protegen hasta las malas hier-



Westminster Bridge Road aparece así de florido gracias a la acción de la guerrilla verde.



En Londres, las malas hierbas también se protegen y se dan en adopción.

bas. Heather Ring forma parte de un grupo de botánicos improvisados que recoge las plantas que se desechan de los jardines traseros de las casas victorianas. Para ello organiza *los días de la adopción*, para que las familias "cedan la custodia de sus malas hierbas". "Son plantas que crecen donde no se las quiere, son invasivas o, sencillamente, plantas que están marchitas. Normalmente se arrancan de raíz y se tiran o se queman. Nosotros trabajamos para devolverles todo el potencial de su belleza y todo su significado", comenta Heather Ring.

Su página de Internet lanzó en enero una campaña para denunciar el sinsentido de los abetos de navidad que se cortan de la tierra para dejarlos morir sobre una peana en el salón. "Mándanos una foto si encuentras un árbol de navidad abandonado", anima un letrero en su web. "¿Si queremos árboles, acaso no es más sensato reservar un espacio en la ciudad para cultivarlos?", se pregunta Ring. Ella y otros guerrilleros urbanos siguen luchando por que resurja el verde de entre las fisuras de los viejos adoquines de Londres. ■

GUERRILLA GARDENING

MIKE MASSARO



A pesar de todas las razas que pueblan el planeta, los seres humanos somos muy uniformes genéticamente.

La 'juventud' de nuestra especie hace que la diversidad biológica sea muy limitada, aunque ya se han encontrado millones de variantes genéticas

Los humanos también somos biodiversos

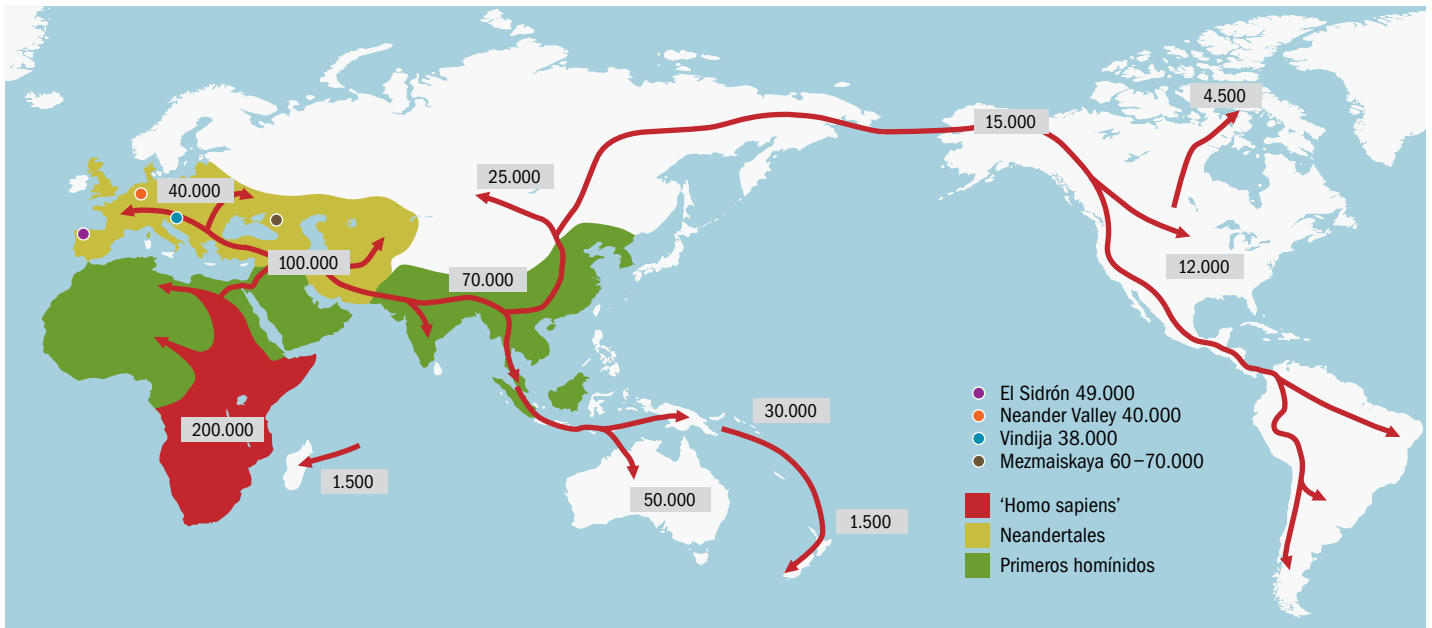
En el juego de la vida, los humanos estamos sometidos a las mismas reglas que el resto de nuestros compañeros de planeta. Las leyes de la evolución no hacen distinciones. El año 2010 que dejamos atrás ha sido el Año Mundial de la Biodiversidad, así pues ¿por qué no hablar de la biodiversidad humana? Las nuevas técnicas que permiten analizar grandes cantidades de material genético a un coste cada vez menor están ayudando a entender la historia de la especie humana y de sus poblaciones. Conocer por qué somos como somos. ■ **POR Mónica Salomone, PERIODISTA CIENTÍFICA.**

UNO DE LOS HALLAZGOS MÁS IMPORTANTES de los últimos meses tiene que ver con el origen remoto de nuestra especie. Así que empecemos por el principio. El punto de partida de nuestro género, *Homo*, arranca hace unos dos millones y medio de años en el continente africano. En algún momento, grupos de una de las especies de *Homo*, en concreto los *Homo erectus*, empezaron a extenderse por Asia y Euro-

pa. Los *erectus* eran robustos y altos, hasta 1,80 metros de altura, y su cara, con cejas muy prominentes y una potente mandíbula sin mentón, hubiera llamado mucho la atención hoy. Fabricaban herramientas de piedra y hueso y es probable que manejaran el fuego; sus fósiles más recientes, hallados en la isla de Java, tienen unos 130.000 años.

Pero nosotros no procedemos de esos grupos de primeros exploradores, sino de

una oleada migratoria africana posterior. Mientras los *erectus* ampliaban territorio, la maquinaria evolutiva seguía en marcha en África y daba lugar, hace 200.000 años, al *hombre moderno*. Durante 150.000 años, nuestros antepasados se extendieron por el África subsahariana; y 100.000 años después, una pequeña parte de esos humanos emprendió una nueva colonización del planeta. Ellos sí que son nuestros *abuelos*.



Mapa que muestra la expansión del *Homo sapiens* en África y a través del globo, así como los principales núcleos de neandertales.

Primero ocuparon el sur de Asia hasta llegar a Australia, rápidamente —se estima que avanzaron por la costa del Índico entre 0,7 y 4 kilómetros al año—; el viaje incluyó además largos tramos por mar. Y hace 40.000 años el *hombre moderno* llegó a Europa. Descubrió que no estaba solo. Los descendientes europeos de aquellas primeras migraciones de *Homo* se habían adaptado a un clima frío, y tenían una desarrollada estructura social; cuidaban a sus enfermos, fabricaban armas poderosas y eran sin duda inteligentes. Eran los neandertales: hombres y mujeres no muy altos pero fuertes, compactos, de tórax y pelvis ancha, brazos y piernas cortas, frente inclinada —cejas también prominentes— y nariz amplia. Su cerebro era tan voluminoso como el nuestro.

El choque de culturas no favoreció a los neandertales, los indígenas europeos. Los paleoantropólogos aún no saben por qué, pero lo cierto es que el hombre moderno se impuso. ¿Cómo fue la relación entre ambas especies? De esto trata el gran resultado de este año.

Hasta ahora todas las evidencias indicaban que *sapiens* y neandertales no mezclaron sus genes. Si se aparearon, su descendencia debía de haber sido estéril: en el material genético del *hombre moderno* —nosotros— no se detectaba rastro alguno de genes neandertales. Pero esta

visión cambió drásticamente en mayo de 2010, cuando la revista *Science* publicó los resultados de la comparación del genoma completo neandertal con el del *hombre moderno*. El ADN en fósiles neandertales de Vindija (Croacia), la cueva de El Sidrón (Asturias), Mezmaiskaya (Rusia) y Feldhofer (Alemania), revela que el *Homo sapiens* sí tuvo hijos con los neandertales que encontró cuando empezó a salir de África hace unos 80.000 años, y como consecuencia, entre un 1% y un 4% del material genético humano moderno es neandertal.

Es uno de los grandes resultados de la ciencia moderna. Según ha afirmado Richard E. Green, de la Universidad de

California, primer firmante del artículo de *Science*: “Ilumina nuestra historia evolutiva, al identificar regiones del ADN candidatas a explorar para comprender lo que cambió en los humanos modernos desde que se separaron evolutivamente y por qué”.

El origen de las poblaciones modernas

A partir de la extinción de los neandertales —el registro fósil indica que los últimos vivieron aquí, en la península Ibérica, hace 30.000 años—, la historia humana tiene como única protagonista a nuestra especie. Y es, además, una especie poco *biodiversa* genéticamente.



Un investigador perfora un hueso de neandertal para el estudio del ADN.

MAX PLANCK INSTITUTE FOR EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY

Asimetría sexual en Cuba

Una de las poblaciones actuales más estudiadas por David Comas, experto en genética de poblaciones del Instituto de Biología Evolutiva, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad Pompeu Fabra (UPF), es la de Cuba.

Los cubanos son una mezcla de nativos americanos, colonos europeos y esclavos africanos. Los investigadores han analizado los genes en el material genético que se hereda solo de las madres —el ADN mitocondrial— y solo de los padres —el del cromosoma Y—, y así han logrado determinar que un tercio de los linajes maternos en la población actual proceden de nativas americanas, un 22% de europeas y un 45% de africanas. En el caso de los linajes paternos los resultados son distintos: dominan los europeos, con un 80%, y el resto corresponde a los africanos; los nativos americanos no existen.

Eso quiere decir que “la población cubana se ha formado mayoritariamente de la mezcla de hombres colonos europeos y mujeres esclavas africanas y nativas americanas”, sin prácticamente aportación paterna indígena ni africana. Es un caso de población nacida de una mezcla con gran “asimetría sexual”. ■



David Comas y algunos miembros de su equipo.

Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular.

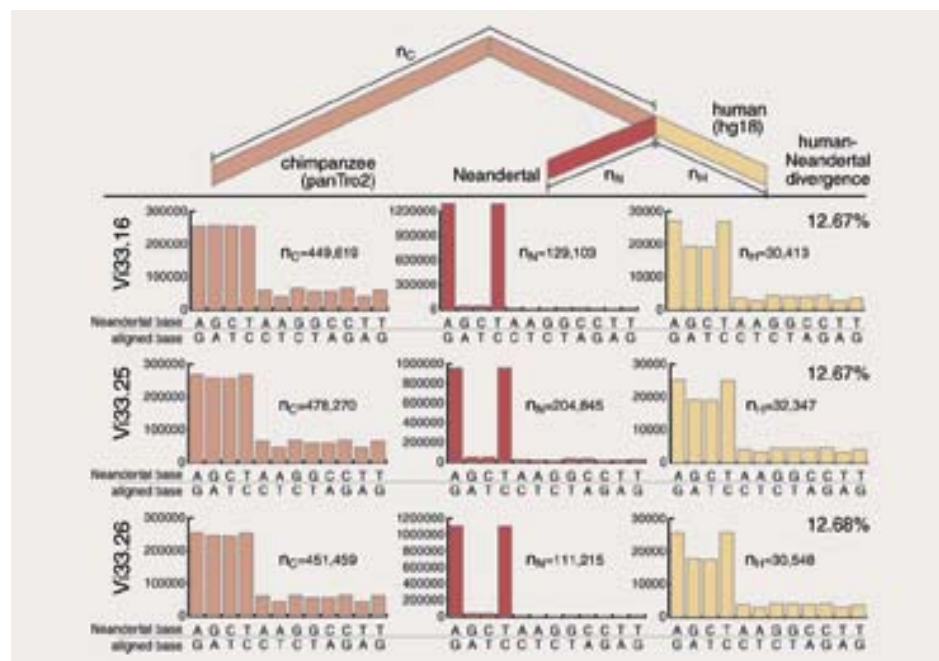
Esas pequeñas diferencias, no obstante, pueden ser significativas. En la última década, los investigadores han identificado ya un millar de regiones del genoma relacionadas con la susceptibilidad a enfermedades y a sufrir efectos secundarios de fármacos, y con rasgos físicos en general.

La pigmentación de la piel es un ejemplo claro: lógicamente, la distribución entre las poblaciones de los genes relacionados con este carácter tiene que ver con la exposición al sol. Otras muestras son la resistencia a la malaria, que se demuestra mayor en pueblos de África, donde la enfermedad ejerce más presión selectiva; o la capacidad de digerir leche de los adultos, adquirida en paralelo al desarrollo de la ganadería.

“Las crías de mamífero poseen la capacidad de digerir la lactasa, el azúcar más frecuente en la leche, mediante la enzima lactasa”, explica Comas. “No obstante, esta capacidad se va reduciendo hasta desaparecer en los adultos, con la excepción de determinados individuos, principalmente en Europa y en algunas poblaciones africanas, donde la enzima lactasa persiste activa en los adultos”. La explicación radicaría en que conservar la capacidad de alimentarse de leche confiere —sobre todo a poblaciones con acceso a este recurso, como las ganaderas— una importante ventaja selectiva. Es más, los investigadores tienen indicios de que genes asociados a la persistencia

“Todos los *Homo sapiens* procedemos de un único grupo que vivió en África hace unos 200.000 años”, explica David Comas, experto en genética de poblaciones del Instituto de Biología Evolutiva, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad Pompeu Fabra (UPF). Es muy poco tiempo para que el árbol de nuestra espe-

cie haya echado ramas: “No nos ha dado tiempo a acumular cambios genéticos. La diversidad biológica de nuestra especie es muy limitada, debido a nuestro origen reciente. Somos muy uniformes genéticamente: si escogemos dos humanos al azar, obtendremos como media un 0,1% de diferencias genómicas”, señala Comas en un reciente artículo en la revista de la



Soluciones de nucleótidos producidas en los linajes evolutivos que llevaron a los genomas de neandertales (rojo), humanos (amarillo) y chimpancés (marrón).



MUSEO DE LA EVOLUCIÓN DE KRAPINA

Recreación de una familia de neandertales en el Museo de la Evolución de Krapina, en Croacia.

de la enzima lactasa fueron seleccionados de manera independiente en distintas poblaciones, de lo que puede deducirse su importancia evolutiva.

El caso de la lactasa muestra que las diferencias biológicas en los humanos actuales son el resultado de dos tipos de procesos: la historia demográfica y socioeconómica de los pueblos, y la adaptación a distintos tipos de ambientes. En palabras de Comas, “la extensión de la capacidad de los adultos para alimentarse de leche es una muestra de carácter humano que conjuga efectos genéticos [la selección positiva de genes ventajosos] y culturales [el dominio de la ganadería]”. La buena noticia es que las nuevas técnicas de análisis de genomas completos permiten obtener muchos más datos sobre la evolución humana reciente de lo que jamás soñaron los investigadores. El estudio de la biodiversidad humana está en pleno auge.

Seguir la pista a los genes

¿Cómo se puede reconstruir la trayectoria de un grupo humano a través de sus genes? Se parte del principio básico de que las diferencias genéticas se acumulan a lo largo del tiempo y, por tanto,

cuanto más tiempo haya pasado entre la separación de dos poblaciones, mayores serán las diferencias genéticas entre ellas.

Así, varios macroproyectos internacionales en marcha tienen ya por objetivo analizar y comparar genomas de miles de personas de poblaciones diferentes. Uno de estos macroproyectos, el *Proyecto de los 1.000 genomas*, presentó en la revista *Nature* en noviembre del año pasado sus primeros resultados: los investigadores han analizado el genoma de más de ochocientos europeos, asiáticos y africanos, y han hallado unos ocho millones de variantes genéticas hasta ahora desconocidas.

“Los resultados, incluso en una fase aún considerada piloto, indican que estos proyectos realmente funcionan. Entramos en una nueva era del estudio de las poblaciones humanas gracias a la comparación de genomas completos”, dice Comas.

El *Proyecto de los 1.000 genomas* aspira a secuenciar el genoma de más de 2.500 personas de cinco poblaciones para 2012. Comas participa en otro proyecto similar, el *Proyecto genográfico*, de IBM y la National Geographic Society, que construirá una base de datos de la

variación genética humana asociada con información antropológica (lenguas, costumbres sociales, etcétera). El proyecto recolecta muestras genéticas de pueblos indígenas, y además cualquier voluntario puede enviar su propio ADN mediante un *kit* disponible en su web.

¿Seguimos evolucionando?

La resistencia a la malaria, el color de la piel o la capacidad de digerir leche son caracteres que se volvieron importantes porque llegaron a afectar a la supervivencia de los individuos, o de forma más precisa, a su capacidad para tener descendencia. Ahora bien, ¿sigue hoy día la humanidad sometida a caracteres con un peso así? En otras palabras, ¿seguimos evolucionando?

Los expertos creen que hoy día la medicina y una alimentación más rica reducen la importancia de la presión selectiva natural sobre las poblaciones humanas, pero no la eliminan del todo. Es mucho más probable, por ejemplo, hallar hoy genes de resistencia al virus del sida en África, donde gran parte de la población no tiene acceso a antivirales, que en Europa. Frenar la evolución de 6.000 millones de personas debe de ser complicado. ■

Vivir en una ciudad eficiente



El presente y futuro de las urbes pasa por el empleo de las últimas tecnologías para ahorrar energía y evitar la total dependencia del petróleo

Los simples gestos a los que se han acostumbrado los ciudadanos, como arrancar el coche, encender la luz o calentar un café, se traducen en gasto energético. Pero los recursos son finitos y para que la rutina diaria no se vea afectada es imprescindible una buena gestión. No se puede esperar. Muchas de las medidas que hay que tomar para ahorrar energía ya existen: construir edificios inteligentes, reutilizar los residuos, utilizar las energías renovables, emplear pavimentos que generan electricidad... Ahora solo queda llevarlas a cabo para cumplir los compromisos de reducción de consumo del 20% para 2020, fijados por la Unión Europea. ■ **POR Belén Tobalina, PERIODISTA.**

VIVIR EN UNA CIUDAD EFICIENTE ES además de posible necesario. Este año España, fruto de la crisis y gracias a las energías renovables, ha disminuido las importaciones de miles de barriles de petróleo. Sin embargo, aunque se importó menos petróleo y menos gas, su peso en el balance del déficit comercial “se ha disparado hasta alcanzar el 66% en 2010, frente al 50% que supuso en 2008”, asegura Javier García Brea, presidente de la Fundación Energías Renovables y director de Energía de Arnaiz Consultores. La explicación resi-

de en que nuestro PIB ha caído. El último informe del Observatorio de Sostenibilidad, elaborado por la Universidad de Comillas, indica que la intensidad energética de España era un 17,65% superior a la media europea en el año 2000 y un 26,3% en 2008. Es decir, junto con Portugal, somos el país con mayor intensidad energética de Europa. “Consumimos un 77% más de energía que Dinamarca”, añade Brea.

Cada subida de diez dólares que se registra en el precio del barril de crudo cuesta 6.000 millones de euros en la fac-

tura energética del país. ¿Cómo sería vivir en una ciudad eficiente?

Los residuos son recursos

Reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y evitar el despilfarro hídrico son los mayores retos a los que se enfrentan las sociedades modernas, y los ciudadanos son sus protagonistas. Dejar el coche en el garaje, optar por llenar la cesta de la compra con alimentos locales o ducharse en dos minutos son buenos ejemplos de esa disminución. Pero hay más. En una ciudad eficiente, incluso los

residuos son recursos a los que se da otro nuevo uso. Vayamos por partes.

Lo principal, siempre que se pudiera construir la ciudad desde cero, sería compactar la urbe. Los edificios verticales suponen una disminución del gasto energético. “Una ciudad eficiente ideal debería ser más compacta, ya que las construcciones horizontales hacen que se use más el vehículo privado en los desplazamientos”, explica José María Baldasano, catedrático de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña y Premio Jaime I de Medio Ambiente. Además, conllevan un menor uso de suelo. Si se acotase su extensión, gran parte del trabajo estaría hecho. Los vehículos dejarían de ser los “intocables” protagonistas de las calles y de los índices de contaminación; el transporte público y la bicicleta tomarían las avenidas, lo que supondría la reducción de la cifra de muertes prematuras por la contaminación: 400.000 al año en la Unión Europea (UE), 16.000 de ellas en España.

Ahora bien, las ciudades son lo que son y lo único que se puede hacer es no empeorar aún más su diseño. Es en los edificios donde se puede alcanzar un gran ahorro energético, y de paso, intentar cumplir aquel famoso 20% de reducción del consumo de energía al que todos los países europeos se han comprometido para 2020.

La rehabilitación de viviendas

En la actualidad, los edificios consumen el 40% de la energía final que gasta la UE y son los responsables del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Su rehabilitación energética resulta esencial y es una de las asignaturas pendientes con las que además se generaría “empleo verde”.

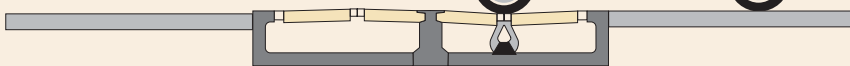
El sector residencial podría reducir el consumo de energía final en más de un 30% para 2020, según se desprende del informe *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020*, elaborado por la organización conservacionista WWF y ETRES Consultores. Para lograr esta reducción

Qué es Electro Kinetic Road Ramp

1. El vehículo se aproxima a la rampa, que en este punto se encuentra en su posición original.



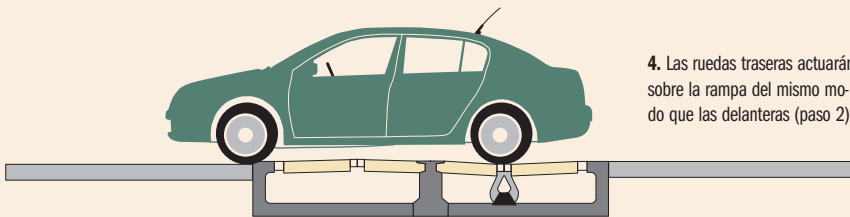
2. Al pasar las ruedas delanteras por encima de la rampa se activa el mecanismo. El movimiento se transmite a través de una biela que activa la rotación del eje, produciendo electricidad.



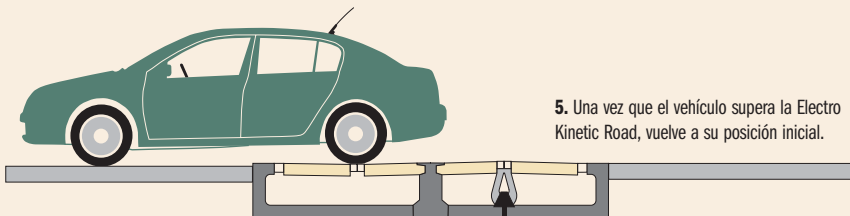
3. Según avanza el vehículo, libera la primera parte de la rampa, que vuelve a su posición original, generando de nuevo la rotación del eje.



4. Las ruedas traseras actuarán sobre la rampa del mismo modo que las delanteras (paso 2).



5. Una vez que el vehículo supera la Electro Kinetic Road, vuelve a su posición inicial.



La energía generada por la Electro Kinetic Road se utiliza para encender farolas y semáforos.

El alumbrado público, cuestión de ahorro

Una ciudad no es eficiente si no se ahorra en cada detalle. El alumbrado y la movilidad sostenible son claves para alcanzar este reto. España gasta en iluminación pública 450 millones de euros al año, más del doble que muchos países de su entorno, por ejemplo Alemania. Los ayuntamientos pueden llegar a ahorrar entre un 60% y un 80% del consumo del alumbrado si cambian sus bombillas por diodos emisores de luz —más conocidos como LED—, según informa la multinacional experta en iluminación y electrónica Hella. Los LED resultan más caros, aunque tienen 60.000 horas de vida útil, cuando las bombillas tradicionales (que no se venden ya en España) tenían 1.000. Concentran la luz, pero más de uno y de dos expertos considera que su luz en exteriores no es tan buena como la de las anteriores luminarias. De todos modos, una forma lógica para reducir el gasto de iluminación es evitar que haya farolas encendidas por el día durante meses debido a una avería de la que nadie se ha percatado. Para evitar estas situaciones, ya existen en el mercado sistemas de telegestión que informan a los responsables cuando detectan esta o cualquier otra anomalía en su funcionamiento. La empresa Wellness Telecom, por ejemplo, ha desarrollado un sistema de monitorización que, si bien no supone un ahorro, evita sobrecostes por los fallos.



Sistema de monitorización de Wellness Telecom.

habría que rehabilitar entre el 20% y el 40% del parque residencial, es decir, entre medio millón y un millón de viviendas al año, desde 2011 hasta 2020. Con esta ambiciosa medida y el consiguiente desembolso, se ahorrarían 2.312 millones de euros anuales por un descenso del consumo de energía y de las emisiones.

Pero no es la única vía. Una familia de cuatro personas pagará este año 150 euros más que en 2010 en la factura eléctrica. A tenor de las anteriores subidas, no parece que esta vaya a ser la última. Si a eso se suma el incremento del precio del barril de petróleo, llegar a fin de mes empieza a ser una ardua tarea.

Una forma de reducir el impacto de la cuesta, no ya de enero sino la de todos los meses, en materia eléctrica es la tecnología. Las viviendas inteligentes permiten ahorros de hasta un 40% de energía. ¿Cómo? Gracias a la domótica. Imagine-se un sistema que le avisa a través del móvil de que se ha dejado el botón de *stand-by* de su televisor encendido cuando se ha ido a cenar o que le informa de cuándo es más barato poner el lavavaji-

llas. No tendría que dejar el poste para otra ocasión, basta con dar la autorización a través del móvil. Y no se trata de una tecnología de futuro ni únicamente para acaudalados. La solución integrada, Eco Struxure, que permite mejorar la eficiencia energética del hogar en tiempo real y a distancia, ya existe y los costes se amortizan rápidamente. Este sistema, desarrollado por Schneider Electric, permite un ahorro de hasta el 40% de la energía en las viviendas privadas. “Dotar a una vivienda de 80 o 90 metros cuadrados del sistema costaría de 1.500 a 3.000 euros. Con el ahorro que conlleva, el sobrecoste inicial se amortizaría a los dos años si la casa fuera nueva y en tres si hubiera que rehabilitarla”, explica Sergio Galbe, responsable de Home Control de Schneider Electric.

Esta tecnología permite ahorrar e incrementar el confort. Un ejemplo: si estuviera de viaje, podría apagar la calefacción y programarla para que se encienda horas antes de volver y de este modo evitaría subir la calefacción al máximo cuando llegue a casa, que es uno de los motivos de que la factura se dispare.

Pero el ahorro no acaba en los hogares. Este sistema puede instalarse en las industrias, hospitales y centros de datos. Cuanto mayor sea el ahorro mejor, puesto que es más que previsible que la demanda energética seguirá aumentado en los próximos años.

En el sector industrial se puede obtener una reducción media de entre el 10% y el 20% del consumo energético, según aseguran desde Schneider Electric, a través de sistemas de medición y sincronización de procesos, que permiten disponer de la información necesaria para gestionar los recursos energéticos del mejor modo posible. En los edificios el ahorro sería de hasta un 30% y en los centros de datos de entre un 20% y un 30%. El Hotel Hesperia Tower, en Barcelona, es buena muestra de ello.

Hospitales: los que más energía consumen

Ahora bien, no todos los edificios son iguales. En un hospital, por ejemplo, el ahorro, aunque sea importante, es secundario; lo primero es garantizar la disponibilidad de energía las 24 horas, puesto que un paciente en la UVI necesita continuamente electricidad para mantener sus constantes vitales, por ejemplo.

“Los hospitales son los edificios que más energía consumen. De ahí que sea esencial el ahorro. Pero primero es necesario asegurar al cien por cien la luz,



Mediante la corrección de fallos térmicos, el Hospital Quirón ha alcanzado un ahorro energético del 17% al 38%. A la derecha, pantalla táctil en un quirófano.

para ello se instala un sistema de alimentación ininterrumpida. Con medidas para reducir el despilfarro en la temperatura ambiente e iluminación se puede alcanzar un ahorro energético que va del 17% al 38%", explica Joaquín Daura, responsable de Hospitales de Schneider Electric. "Estos ahorros se logran corrigiendo los fallos térmicos, puesto que puede suceder que un aparato diga que estás a 20 °C y realmente estés a 25 °C. Y en los quirófanos se requieren veinte renovaciones del aire en una operación. Si no hay nadie, puedes suprimir momentáneamente esas renovaciones", añade.

El Hospital Quirón, el Manchester Royal Infirmary (en Reino Unido) y el Lyel McEwin Hospital (en Australia) ya optaron por este sistema en 2008, en 2007 y en 2006, respectivamente.

Pero incluso aunque una ciudad adoptara todos estos mecanismos, habría aún que cambiar unas cuantas cosas más. Quizá la más importante sea qué hacer con los residuos. Primero hay que pensar en reducirlos y después en darles una nueva vida útil. Existen diferentes técnicas con las que se podría llegar a eliminar hasta el 90% de los residuos urbanos, una cifra relevante porque según explica Jordi Gallego, consejero director general de Hera Holding, "en España se producen veinte millones de toneladas de residuos urbanos al año y siete millones de lodos de depuradora".

A partir de los restos orgánicos se puede generar biogás; con los no orgánicos —un plástico tan manchado que no va al contenedor amarillo, por ejemplo— se puede conseguir "vidrio" y convertirlo después en joyas, entre otros curiosos destinos. Y en cuanto a los lodos de depuradora, una compañía, el Grupo Hera, ha conseguido producir cemento a partir del polvo que obtienen al meter el lodo en un reactor con un campo electromagnético y añadir aditivos como la cal.

Reciclar el CO₂

Y puestos a reciclar, también se puede reciclar el CO₂. En la actualidad el dióxido de carbono generado por las industrias se captura y se utiliza para hacer que las ensaladas al vacío duren más, para las bebidas con burbujas, etcétera. En estos casos, el CO₂ vuelve a la atmósfera, pero al menos en la etapa intermedia no se ha generado CO₂. Y en un futuro, también servirá previsiblemente para tratar las aguas residuales, para hacer biocarburantes (se investiga para acelerar el crecimiento de las microalgas) e incluso para hacer poliuretano, un material plástico que en la actualidad se utiliza, sobre todo, como aislante de viviendas, así como para hacer el volante de los vehículos o los balones de fútbol, entre otros fines.

Pero la ciudad eficiente también debe serlo en materia de movilidad. Quizá

las urbes del mañana cuenten con sistemas como el Electro Kinetic Road Ramp, una máquina que se instala bajo el pavimento y permite utilizar la energía que generan los vehículos al pasar sobre ella para encender las farolas y los semáforos. El mecanismo es relativamente sencillo: cuando el coche o el autobús pasa sobre la máquina, hace que se desplace hacia abajo y transmita la fuerza del coche sobre unas turbinas que se moverían generando energía.

Y después de vivir en una ciudad eficiente —si es con viviendas bioclimáticas que alcanzan hasta el 97% de ahorro energético con geotermia y medidas pasivas, y el 3% restante con renovables, tanto mejor—, seguro que cualquiera querría morir sin contaminar. Ya hay en España vehículos fúnebres eléctricos que aunque solo tienen 45 kilómetros de autonomía cuestan 20.000 euros menos que los actuales de gasolina o diésel. Morir es inevitable, contaminar menos no lo es.

Por tanto, vivir en una ciudad eficiente es posible, aunque se trate de un desafío. Hay que aprender a gestionar los recursos, a vivir sin el petróleo de hoy o el de mañana, porque el crudo, el litio o el uranio se agotarán en algún momento y todos queremos tomarnos el café caliente y una tostada recién hecha por la mañana. Lo positivo es que muchas de las soluciones para lograrlo ya existen.

Periódicamente aparecen en los medios de comunicación noticias sobre las virtudes casi milagrosas de tal o cual producto, al que de repente se le descubren propiedades extraordinarias. Pero la reciente proliferación de buenas noticias respecto a la vitamina D ha despertado un optimismo casi generalizado. ¿Estamos ante una nueva leyenda urbana en torno a la salud casi eterna o, como apuntan diversas publicaciones científicas del máximo nivel, esta vitamina no solo es importante para el metabolismo del calcio sino también para la prevención de muchas otras dolencias? ■ POR Manuel Toharia.

Vitamina D, ¿la nueva panacea?



*Su acción inmunitaria
explicaría por qué tiene
efectos positivos para
combatir el cáncer*

AUNQUE NO ESTAMOS ANTE NINGÚN remedio universal, las noticias sobre la vitamina D parecen apuntar a una esperanza más que realista. Lo de la panacea, aquel elixir de la vida que buscaban los alquimistas (hay quien dice —sin pruebas, claro— que Newton, firme defensor de la alquimia y la astrología a pesar de ser quien era, murió envenenado pensando haber descubierto ese elixir), es solo una leyenda referida a una supuesta fuente de la eterna juventud, símbolo de la inmortalidad, que algunos conquistado-

res creyeron encontrar en América. La ciudad de San Agustín —llamada hoy Saint Augustine—, al norte de Florida, por ejemplo, tiene una Fuente de la Juventud en honor a su fundador, Juan Ponce de León, que por allí buscaba la inmortalidad... Aquella mítica fuente había sido immortalizada en 1503, con profusión de detalles imaginarios, por El Bosco en su *Jardín de las delicias*...

Pero, aun sabiendo que no vamos a hablar de nada de esto, lo cierto es que ahora disponemos de elementos nove-

dosos de enorme interés en torno a la vitamina D, de la que muchos recordamos tan solo el hecho de que nuestros padres y sus médicos nos hicieran tomar una cucharada diaria del peor tormento en forma de pócima que imaginarse pueda: el aceite de hígado de bacalao...

Vitamina-hormona

En realidad, la vitamina D pudiera incluso no ser una vitamina, o al menos no exclusivamente, ya que actúa más bien como una hormona. Ni siquiera eso que

Los alimentos y la vitamina D

No hay muchos alimentos que contengan vitamina D en cantidades bien aprovechables. Habría que comenzar, obviamente, por el odioso y odiado aceite de hígado de bacalao: una cucharada sopera de ese brebaje contiene en torno a las 1.350 unidades internacionales (UI; un microgramo equivale a cuarenta UI), si no más (depende del tamaño de la cuchara). Ahora bien, hay otro aceite de pescado que aporta mucha más vitamina D (y muchísima vitamina A), que es el aceite de hígado de *halibut* (hipogloso o fletán), un pez grande poco consumido en España, pero cuyo hígado contiene un aceite que cuadruplica la cantidad de vitamina D del de bacalao. En todo caso, la mayoría de las preparaciones medicinales de aceite de hígado de bacalao suelen mezclarlo con aceites del hígado de otros pescados, incluido el *halibut*; suponen unas 2.300 UI por cucharada.

Los alimentos más habituales con altas dosis de vitamina D son esencialmente pescados; las cantidades que siguen se refieren a 100 gramos de cada alimento:

- Salmón fresco (crudo o cocinado): 360 UI.
- Atún en aceite enlatado o fresco: 230 UI.

- Sardinas frescas (cocinadas) o en aceite enlatadas: 250 UI (escurridas, 500).
- Sardinas en lata con salsa de tomate: 450 UI (escurridas, 500).
- Boquerones cocinados o crudos: 220 UI.
- Caballa fresca cocinada o enlatada en aceite: 330 UI.
- Gambas, langostinos: de 150 a 200 UI.
- Ostras (media docena): 270 UI.
- Anguila cocinada: 200 UI (las angulas aportan bastante más).

Otros alimentos aportan cantidades modestas:

- Huevo (una yema): 25 UI.
- Leche y yogur: prácticamente nada (salvo que estén reforzados con vitamina D; ver etiqueta).
- Cereales: muy poca (salvo que estén reforzados con vitamina D; ver etiqueta).
- Setas: muy poca (salvo las setas chinas, o *shiitake*, que tienen unas 100 UI por 100 g.).
- Queso: entre 10 UI y 40 UI por 100 g.
- Hígado de vaca: 15 UI por cada 100 g.

ingerimos o fabricamos en el organismo es una vitamina, aunque es normal llamarla así, sino más bien un promotor de la vitamina que, ya en el organismo, se convierte en provitamina y, finalmente, en la vitamina-hormona que actúa de múltiples formas dentro de nosotros. Por supuesto, mediando en la absorción del calcio y el fósforo; una función que resulta, desde luego, esencial para la buena salud del esqueleto. Pero también actúa interviniendo en funciones que ya nada tienen que ver con la asimilación del calcio, más como una hormona que como una simple vitamina. Y son precisamente estas funciones las que ahora están creando notable expectación en el mundo de la investigación.

La vitamina D1 no existe; fue el nombre que se le dio inicialmente a varias sustancias que actuaban contra el raquitismo. Luego, se identificaron las dos formas actuales de la vitamina D, una de origen vegetal (vitamina D2, ergocalciferol) y otra de origen animal y mucho más frecuente (vitamina D3, colecalciferol). En realidad, ninguna de las dos existen directamente sino que se producen mediante un precursor: en el caso de

los vegetales, es el ergosterol el que se transforma en ergocalciferol, y en los animales es el dehidrocolesterol el que se transforma en colecalciferol. Como ambas actúan de similar modo y se producen de forma parecida —gracias a la acción del sol sobre la piel y, en menor cuantía, por ingestión de ciertos alimentos—, se adopta el nombre genérico de calciferol o vitamina D.

Añadamos, como curiosidad complementaria, que este calciferol no es tampoco el compuesto activo que luego funcionará en el organismo sino que, para serlo, ha de sufrir una transformación en el hígado —se convierte en calcidiol, mucho más activo— y luego en los riñones, donde se convierte en calcitriol, aún más activo.

Riesgo de acumulación tóxica

Como ocurre con todas las vitaminas, la cantidad necesaria en el organismo es muy pequeña; se mide en microgramos (millonésimas de gramos) o unidades internacionales (UI), que es la más usual. Un microgramo equivale a cuarenta UI. No se sabe muy bien cuál es la dosis idónea. Hasta hace poco era del orden de

doscientos a cuatrocientos UI. Pero en los últimos años las recomendaciones suben esa cifra conforme se van conociendo las ventajas de esta vitamina. Como es una vitamina liposoluble —como la A y la E—, existe cierto riesgo de una acumulación excesiva que pudiera resultar tóxica. Pero las cifras de toxicidad de la vitamina D no se conocen con precisión, aunque deben de ser elevadas porque, al contrario que la A y la E, no se almacena en el hígado sino en los tejidos grasos del organismo, donde es menos grave y más difícil la acumulación tóxica.

Se sabe que en el organismo esta vitamina regula el metabolismo del fósforo y el calcio en los huesos, junto a ciertas hormonas como la parathormona (paratiroides), la calcitonina (tiroides) y algunos estrógenos. Pero también interviene en muchos otros procesos relacionados con la secreción de insulina por el páncreas, la actividad del sistema inmunitario y, consecuentemente, la acción antitumoral y antiinfecciosa. Estas funciones son las que en los últimos años vienen despertando el interés de los científicos, cuando algunos estudios comenzaron a mostrar que el déficit en el orga-

nismo de vitamina D parecía estar vinculado a dolencias tan variadas como las deficiencias cognitivas y el Alzheimer, a diversos tipos de cáncer, a las enfermedades autoinmunes, a la diabetes... En todo caso, lo que sí se sabe con certeza es que, incluso en el Primer Mundo, se alcanza difícilmente el umbral considerado como saludable en una buena parte de la población, y aún más ahora que parecen deseables cifras mucho más altas.

Para que la alimentación aporte más vitamina D habría que aumentar la ingestión de alimentos que la contienen, pero estos son pocos y la tienen en cantidades en general escasas, salvo excepciones (ver recuadro de la página 49). Además, algunos de esos alimentos también contienen vitamina A, y con ella sí es posible, y más grave, la intoxicación... Si el suplemento de vitamina D se pretende obtener por medio de la radiación solar, enseguida aparece el riesgo de quemaduras en la piel y, eventualmente, otras enfermedades cutáneas más graves, incluido el temible melanoma.

En todo caso, el riesgo de sobredosis nunca debe ser subestimado, aunque se sigue ignorando cuál es la dosis máxima que se pueda considerar segura a largo plazo; una buena referencia, por prudente, es la recomendación del último informe sobre esta vitamina emitido por el grupo de expertos del Comité de Alimentos y Nutrición de los Institutos Nacionales de la Salud (adscritos al Departamento de Salud de Estados Unidos) en febrero de 2011: sus cifras van desde 400 UI para bebés hasta 800 UI para personas mayores de 70 años.

Raquitismo y osteoporosis

Bien, si no llegamos a las cifras recomendadas ahora, ¿es grave? ¿Cuáles son realmente las cualidades casi milagrosas de la vitamina D? ¿Qué hay de cierto en todo lo que se viene publicando ahora acerca de sus virtudes?

Ante todo hay que señalar que no es ninguna panacea. Los beneficios observados, y los que se sugieren, suelen depender más bien de un posible déficit; de modo que los problemas aparecen más bien por tomar menos vitamina D de la



El déficit de vitamina D en el organismo podría estar vinculado a dolencias como el Alzheimer.

necesaria, y no tanto porque la posible solución sea tratar esos problemas con dosis muy altas.

En cuanto al metabolismo de los huesos, el tema es conocido y el raquitismo ha dejado de ser un problema en los niños del Primer Mundo. Muchas leches maternizadas y productos dedicados a los bebés y niños pequeños llevan ya suplementos de vitamina D que evitan los problemas más serios. Pero aún existen enormes bolsas de enfermedad en los países más pobres, donde la alimentación es mala y escasa; por desgracia, estas personas tienen muchos otros problemas, además del déficit de vitamina D, y el raquitismo es solo una más de las muchas dolencias que afectan a los niños del Tercer Mundo.

Otro problema que sí afecta, y con cierta gravedad, a los países ricos es el de la osteoporosis, enfermedad más frecuente en las mujeres. Tras la menopausia, los trastornos en el metabolismo óseo no solo se deben a deficiencias del calcio y fósforo en la dieta sino, sobre todo, al déficit de vitamina D. De ahí que, tanto en la menopausia como en edades avanzadas, cuando la absorción de la vitamina por acción del Sol es menor, se suelen recomendar dietas con calcio y vitamina D.

Pero las auténticas novedades vienen de la relación entre esta vitamina y algunos procesos humanos, patológicos o no,

como el envejecimiento general, la diabetes, la capacidad inmunizadora del organismo ante infecciones o agresiones biológicas del tipo que sea, e incluso el cáncer —algún tipo de cáncer muy particularmente—, quizá en este caso relacionado con su interacción con el sistema inmune.

En el envejecimiento, diversos estudios aparecidos parecen haber demostrado una insospechada función de la vitamina D relacionada con la posibilidad de frenar ese ineludible proceso de las células. Las personas que tienen niveles elevados de vitamina D poseen, en sus cromosomas, telómeros más largos que los de su misma edad con poca vitamina. La longitud de los telómeros, que es la parte aparentemente no activa de los cromosomas, se asocia al estado de envejecimiento de la célula. De ahí a sugerir que una alimentación rica en vitamina D pudiera retrasar el envejecimiento solo media un paso, aunque eso aún no ha sido demostrado de forma directa; la importancia real de estos descubrimientos todavía está por verse, aunque es una esperanza bien fundada.

También se han publicado diversos estudios en estos últimos años en torno al papel modulador de la vitamina D —en su forma más activa, calcitriol— en cuanto a la mejora de la capacidad inmunitaria del organismo. El calcitriol parece unirse a las células inmunitarias para



La diabetes está relacionada con la carencia de vitamina D. Arriba, bomba de insulina.

activarlas; y ello concierne a todos los glóbulos blancos —monocitos, macrófagos, fagocitos y linfocitos de todo tipo—, lo que sin duda mejoraría la capacidad de respuesta del organismo, por ejemplo frente a las células tumorales que, aunque propias, pueden ser reconocidas como dañinas y destruidas. Eso es lo que ocurre habitualmente en personas sanas, pero cuando aparece algún tipo de deficiencia inmunitaria por la razón que sea, bien pudiera ser la vitamina D la que potenciara esas defensas debilitadas.

El calcitriol, contra las células cancerosas

Lo que sí parece claro es que niveles bajos de vitamina D implican menor actividad del sistema inmune, aunque queda por determinar si aumentar mucho la dosis de vitamina D incrementa la capacidad defensiva del organismo; bien es cierto que parece probable...

Lo que sí creen los científicos es que esta acción inmunitaria de la vitamina D

como si fueran células enemigas.

En concreto, diversos estudios realizados a partir de 2001 parecían demostrar que el déficit de vitamina D estaba relacionado con un mayor número de casos de cáncer colorrectal, debido al papel regulador ejercido por el colecalciferol. Uno de aquellos estudios, aparecido en el *Journal of Cell Biology*, afirmaba que al menos la cuarta parte de la población europea sufría déficits de vitamina D. Luego, otros estudios apuntaron a la posibilidad de que el déficit de vitamina D en la población norteamericana hacía aumentar notablemente los casos de cáncer, y muy especialmente los de colon y próstata, pero también los de mama y ovarios, pulmón y quizá páncreas.

Precisamente este año se ha publicado un trabajo de científicos de la famosa Clínica Mayo, en Rochester (Minnesota, EE UU), según el cual los pacientes con leucemia linfocitaria crónica y esca-

se explica por qué se ha observado recientemente su efecto positivo para combatir ciertas formas de cáncer. De hecho, se ha observado que el calcitriol induce la muerte de numerosos tipos de células cancerosas, tanto *in vitro* —en probetas de laboratorio— como *in vivo* —sobre células y tejidos vivos en el laboratorio—. También parece interesante seguir investigando cómo esta acción de la vitamina D podría afectar a las enfermedades autoinmunes, en las que el sistema defensivo del organismo “se equivoca” atacando a células propias

se de vitamina D veían cómo su enfermedad se agravaba más deprisa que los que sí tenían suficiente vitamina D. Los investigadores afirman: “Parece que los niveles de vitamina D podrían constituir un factor de riesgo modificable en el avance de la leucemia”... En todo caso, se refuerza la hipótesis inicial, basada en numerosos estudios previos, según la cual la vitamina D reduce la peligrosidad y malignidad de diversos tipos de cáncer.

Todos estos trabajos, y algunos más que parecen relacionar a la vitamina D con las enfermedades cardiovasculares y el colesterol, cuando no existe suficiente cantidad en el organismo, y que incluso la relacionan con la diabetes tipo 2 (no insulinodependiente), e incluso el asma y algunas enfermedades respiratorias, han hecho que las autoridades europeas hayan emprendido un proyecto de investigación a gran escala, llamado Optiford, para investigar si el hecho de añadir a la dieta suficiente vitamina D pudiera ser una estrategia factible para remediar la insuficiencia de este nutriente en la población y por ende, para remediar muchos de los problemas que parecen apuntar a que ese déficit esté implicado en diversas dolencias.

Parece, pues, que tenemos una nueva estrella en el tema de la alimentación y la salud. Es difícil hacer recomendaciones que valgan para todo el mundo, y los médicos se guardan mucho de hacerlo; pero los investigadores suelen ser más osados y afirman que hay que tomar mucha más vitamina D. Claro que tomar el sol en exceso es un arma de doble filo, así que lo más recomendable sería incluir en la dieta más alimentos que la contengan, básicamente pescados grasos que, por otra parte, incluyen las famosas grasas omega 3 que, junto al aceite de oliva, constituyen la fuente más saludable de grasa alimentaria. Y, eventualmente, sin sobrepasar nunca las mil UI diarias, tomar algún suplemento si es que nuestra dieta, por lo que sea, se revela como escasa en vitamina D. No suena muy excitante, desde luego; pero es lo más efectivo, sin género de dudas. ■

La pequeña manada palentina alienta las esperanzas de recuperación de San Cebrián de Mudá, cercado por el declive minero y la despoblación

BAILANDO CON BISONTES

Llegaron en junio pasado, quién sabe si para recibir ayuda como miembros de una especie amenazada o para prestarla ellos mismos a un pueblo con porvenir incierto. El bisonte europeo pelea por su futuro y San Cebrián de Mudá, también. La creación en las montañas de Palencia de una Reserva y Centro de Interpretación del Bisonte Europeo ha propiciado el pacto afortunado entre dos necesitados. Siete bisontes polacos —dos más han nacido desde su llegada— son parte de la apuesta medioambiental de un antiguo centro minero. Y han devuelto a España al gran rumiante del Cuaternario en unas condiciones de semilibertad inéditas desde hace un milenio. ■ **TEXTO Y FOTOS: Arantza Prádanos, PERIODISTA.**

“**E**STÁN GUAPOS, GUAPOS. HAN ENGORDADO y ya verás qué pelaje tienen”. Habla Amparo González, voluntaria de la reserva. Es mediodía y hace frío. A principios de marzo queda nieve reciente sin hollar en un paisaje de roble melojo, matorral y pradera. Las cumbres aún lucen blancas. De pronto rasga la neblina una estampa de otra era. Uno, dos, tres, cuatro bisontes se

acercan sin ruido hasta que un macho muge al aire.

La aparición súbita del grueso de la manada entre los árboles, con su estampa prehistórica, compensa con creces la leve decepción inicial. Cuando el visitante llega al recinto de los animales, lo primero que se le ofrece a la vista es un establo semicubierto. Varias hembras rumian en pesebres y las dos

crías nacidas en verano se pegan con fuerza a sus madres ante la presencia de extraños. Esa primera impresión, de reses estabuladas como ganado doméstico, no es real. Los bisontes de San Cebrián son casi libres, como lo eran en las reservas polacas de Bialowieza y Pszczyna, donde nacieron y vivieron antes de emigrar a España, en junio de 2010. Ciertamente, el recinto que



A la izquierda, *Cipra* y *Ciprés*, las dos crías nacidas en San Cebrián de Mudá. Arriba, mapa con las rutas de acceso a la localidad.

acoge a los siete ejemplares adultos oriundos del Este y a los dos terneros alumbrados ya en España es modesto comparado con el gran bosque relicto fronterizo entre Polonia y Bielorrusia; son veinte hectáreas de terrenos comunales y privados, “pero la idea, si se puede, es ir ampliándolo poco a poco para que tengan más espacio”, comenta Amparo.

Es un primer paso y no es poco. En junio, las cámaras de televisión mostraron a un pueblo engalanado como para recibir a *Mister Marshall*. Una pancarta en el balcón del Ayuntamiento y las campanas de la iglesia al vuelo saludaron al camión que transportaba a los siete bisontes; los “inmigrantes” mejor recibidos de España, sin duda. Los animales salieron de sus chiqueros desorientados, famélicos. Después de una semana de viaje, más de 4.000 kilómetros de distancia y apenas media ración de comida diaria, “daban pena”, relata Sara García, otra de los siete jóvenes voluntarios de la reserva.

Su aclimatación fue rápida. Carecían del fresno característico de los bosques polacos, pero el bisonte no es un *gourmet* y los animales pronto se acomodaron a su nuevo hogar y al menú vegetal local. “Empezaron a pastar enseguida. Comen de todo, arbustos, corteza de árbol...”.

“El milagro de San Cebrián”

Al poco llegó “el milagro de San Cebrián”, apunta Amparo. Resulta que dos de las cinco hembras venían con “premio”. Fuera de la temporada normal de partos, que va de mayo a julio, nacieron dos terneros. En agosto, *Karagana*, líder de la manada, alumbró a la pequeña *Cipra*. Un mes después nació un macho, *Ciprés*. Al haber sido engendrados en Polonia, no obstante, los nombres oficiales de ambas crías serán otros, ajustados a las líneas de nomenclatura fijadas para Bialowieza y Pszczynca en el *European Bison Pedigree Book*. Los nacimientos se celebraron por todo lo alto. Dos recién nacidos, tengan cuernos o no, son siempre bienvenidos en un municipio de 168 habitantes con una

edad media muy por encima de los cincuenta años.

Hoy los vecinos no se sorprenden si el forastero pregunta por la reserva de los bisontes, abierta al público desde diciembre, pero hubo un tiempo en que la iniciativa del alcalde, Jesús González, fue el chiste de la comarca. “Decían: eso son cosas de Chuchi, el de los búfalos. Menudo pitoreo había. Cuando se reunió a la gente del pueblo para explicarle lo que pretendía, la gente decía: ¿bisontes, y por qué no jirafas o rinocerontes?”, recuerda Amparo, hija del primer edil. Un tipo bragado este barrenista, prejuubilado desde el cierre del pozo hullero de San Cebrián en 1990. Solo a alguien así se le ocurre apostar por los bisontes, la recuperación de la biodiversidad y la naturaleza como parte de la estrategia para sacar al pueblo de la postración económica, frenando la sangría demográfica. Buscó asesoramiento, ejemplos de lo hecho en otras regiones, en otros países, y la Operación bisonte empezó a tomar cuerpo.

Reintroducir sí, reintroducir no

En España hay en marcha distintos programas de reintroducción en la naturaleza de especies en peligro crítico de extinción. Del lince al quebrantahuesos, de la tortuga boba a la gacela mohor de Senegal, numerosas especies son objeto de planes de cría en cautividad destinados a evitar su desaparición, una amenaza achacable a la acción humana en el 85% de los casos. La llegada de los bisontes a San Cebrián de Mudá (Palencia) no es un proceso de reintroducción en sentido estricto. “No se habla de reintroducción cuando son especies desaparecidas de un entorno miles de años atrás, donde ya no se dan las condiciones naturales para su existencia”, señala Eulalia Moreno, investigadora de la Estación Experimental de Zonas Áridas que el CSIC tiene en Almería. “Es como si quisiéramos reintroducir los mamuts en sus antiguos territorios, aunque ya no tengan nada que ver con lo que eran en el pasado”, subraya la bióloga, responsable del programa de cría y reintroducción en el Sahel de la *Gazella dama mohor*.

Como Moreno, muchos expertos son escépticos respecto a este tipo de iniciativas, pues la especie recuperada nunca tendrá un futuro autosuficiente, “y el hombre va a tener que actuar siempre para mantenerla”. La reintroducción exige un estricto control de las poblaciones, restaurar el hábitat y desterrar las causas que han puesto a la especie en cuestión al borde del abismo. Si los bisontes europeos quedaran librados a su suerte, difícilmente podrían esquivar la extinción, incluso en las regiones del Este donde más han prosperado. Ya ocurrió una vez. Los últimos bisontes en libertad fueron cazados en Polonia y en el Cáucaso en el primer cuarto del siglo XX. Las actuales manadas en semilibertad —en reservas protegidas— son fruto de la repoblación a partir de unos pocos ejemplares conservados en zoológicos. La lenta recuperación comenzó en los años cincuenta en Polonia. Seis décadas después, sigue siendo una especie en “cuidados intensivos” y sin perspectivas de abandonar la UCI en mucho, mucho tiempo. El futuro que les depara a los nuevos inquilinos de San Cebrián es una incógnita. ■



Dos de los ejemplares de bison, todavía con su pelaje invernal, llegados el pasado verano desde Polonia a la localidad palentina de San Cebrián de Mudá.

Desde entonces han transcurrido ocho años, incontables trámites burocráticos y un buen puñado de euros. Fernando Morán, veterinario y presidente del Centro de Conservación del Bisonte Europeo (EBCC) de España, calcula que la reserva palentina ha costado hasta ahora “en torno a 1,3 millones de euros”. Por los animales se pagaron —afirma— 34.500 euros, el cercado vallado unos 100.000, y el centro de visitantes y demás instalaciones, el resto. “Sin la Junta [de Castilla y León] esto no habría salido adelante”, admite Amparo. El gobierno regional ha asumido la factura principal con fondos para la recu-

peración de antiguas zonas mineras, y este año se solicitarán ayudas del programa LIFE+, que la Unión Europea destina a proyectos de conservación de especies y hábitats amenazados. El desembarco de los bisontes en San Cebrián también le debe mucho a la ayuda de organizaciones conservacionistas de la fauna salvaje, como Fapas (Fondo para la protección de los animales salvajes) o Mundo Rural y Naturaleza (Muruna), que han trabajado, empujado y puesto su red de contactos al servicio de la aventura.

La reserva de San Cebrián apenas ha echado a andar, pero en estos meses el

alcalde visionario repite a quien le pregunta que los bisontes “ya han hecho por el pueblo lo que nosotros no hemos tenido narices de hacer en muchos años”. Lo han puesto en el mapa y generado una expectativa para los jóvenes que aún no han emigrado. Cerrada la mina, alternativas hay pocas aparte de la cercana fábrica de galletas Gullón. Por ahora, los bisontes no generan ni un jornal pero, a medio plazo, “a mí me gustaría vivir de esto”, confiesa Amparo.

Mientras, los sujetos pasivos de esta historia pastan a su aire, ajenos a todo. El invierno en San Cebrián ha sido sua-

ve, dicen los lugareños. Las mínimas no han llegado a los -7°C de otros años, muy lejos de los -20°C habituales en Białowieża. Aunque el suelo no se hiela como en los bosques polacos, durante el invierno también se les ha suministrado aquí comida adicional a la que se procuran por su cuenta. Es así en las reservas, centros de cría y recuperación de la especie reparados por treinta países.

Especie tutelada

El bisonte europeo (*Bison bonasus*), el mayor mamífero terrestre del continente, es y será siempre una especie tutelada, recluida en espacios acotados, por grandes que sean. En el mejor de los casos, en libertad vigilada. “Hay poco espacio en Europa para un gran herbívoro como el bisonte, especialmente en el Oeste”, donde la intensa ocupación humana del territorio arrincon a otros competidores, dice la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en cuya lista roja sigue a pesar de una cierta recuperación.

Con una población total cercana a los 4.000 ejemplares —un tercio en Polonia—, incluidos los especímenes cautivos, el *Bison bonasus* es prisionero además de una altísima consanguinidad. Toda la cabaña europea descende de doce únicos padres fundadores de dos subespecies —*Lowland* y *Lowland/Caucasian*—, su diversidad genética es casi inexistente, por lo que están predispuestos a un buen número de enfermedades y cualquier epidemia podría fulminar la especie entera. Para paliar ese riesgo, se han ido repartiendo grupos de cría en otros países, con Polonia como gran suministrador. Por eso, todos los cruces y nacimientos se documentan y controlan de forma estricta en registros internacionales de criadores y con el liderazgo de universidades y centros de investigación polacos.

Antes de la llegada de los bisontes a la montaña palentina, España contaba con unos cuarenta individuos distribuidos en zoológicos y parques como el de Cabárceno (Cantabria). La reserva de San Cebrián de Mudá supone un paso más y quizá abra en breve la puerta a nuevos emplazamientos y centros de cría.



Vista general del recinto de los animales, donde se ha instalado un establo semicubierto.



Visitantes en el Centro de Interpretación del Bisonte Europeo.

Ya se habla de cinco más. “Dependerá de la demanda social y de la valoración que hagan los responsables de cada territorio”, subraya el presidente del EBCC, Fernando Morán. Pero pensar en los tiempos en que el bisonte campaba libre en el norte de la Península —dicen las crónicas que los últimos desaparecieron de Navarra en el siglo XI— es pura fantasía.

Nadie espera tanto en San Cebrián. Aun así, hay depositadas muchas esperanzas en estos nuevos convecinos peludos. Se habla de las ventajas del bisonte como gran roturador y desbrozador del monte, de su eficacia en la prevención de

incendios, de su atractivo como reclamo turístico y, tal vez a largo plazo, como suministrador potencial de carne. Y destacan que pocas zonas de España o de Europa pueden presumir de contar en la misma zona con otros dos grandes iconos de la fauna del Cuaternario: osos y lobos, compañeros también del *Homo sapiens* desde la última glaciación. De alguna manera, la simbiosis entre un animal amenazado y un pueblo en horas bajas tiene algo de parábola. De cómo la conquista del futuro exige, a veces, mirar atrás y volver a la naturaleza primigenia, a bailar con los bisontes. ■

*La física,
la medicina y
las matemáticas se
han convertido en
las protagonistas
de las series
de éxito de la
televisión*



CIENCIA en la 'CAJA TONTA'

Escena de *The Big Bang Theory*, una de las series que ha adaptado con mayor éxito el mundo de la ciencia al formato de la comedia.

Millones de personas de todo el mundo han descubierto qué es el grafeno y que el lupus es una enfermedad autoinmune. Hasta ahora, ese conocimiento llegaba solo a unos pocos. Pero la ciencia se ha convertido en un elemento más de los guiones de las series de televisión, que la utilizan como excusa o la convierten en protagonista absoluta. Y de este modo la llamada *caja tonta* está ayudando a la divulgación científica, aunque a veces no lo hace con rigor. La ciencia y la tele se han convertido en compañeras de viaje, si bien a veces no llegan a buen puerto.

■ POR **Leticia Arenas**, PERIODISTA.

SHELDON COOPER, FÍSICO TEÓRICO, discute con Leonard Hofstadter, físico experimental, mientras caminan por un pasillo:

—Si un fotón se dirige hacia un plano con dos ranuras y ambas ranuras son visibles, no pasará por las dos.

Leonard prácticamente ni le mira, pero él continúa.

—Si no estuvieran visibles, lo haría. No obstante, si son visibles después de

dejar el plano y antes de alcanzar su objetivo, no habrá pasado por ambas ranuras.

Leonard se para, le mira y responde:

—Ya lo sé, ¿y?

Y Sheldon concluye:

—Nada más, pero sería una buena idea para una camiseta.

Y se oyen risas..., aunque no todos los que se ríen sepan qué es un fotón. Y se oyen risas porque no es una escena real y ni Sheldon Cooper ni Leonard Hofstadter

son científicos reales. Se trata de la escena de una serie de televisión, *The Big Bang Theory* (CBS, en España la emite Neox), que convierte la ciencia en humor. O que utiliza la ciencia para hacer humor.

No es la única. Son varias las series de contenido científico que han aflorado en los últimos años y no siempre es verdad todo lo que cuentan. Para el profesor Alfonso J. Población, del departamento de Matemática Aplicada de la Universi-

dad de Valladolid, el público ya no se conforma con cualquier cosa. “Cada vez los argumentos son más verosímiles, las explicaciones más elaboradas; es consecuencia de que el público tiene más conocimientos y no se conforma con una excusa cualquiera”, asegura. Y, por eso, en series de televisión o películas cuyo objetivo último es hacer reír y llegar al mayor número de personas posible, no todo vale.

Asesoramiento de un experto

The Big Bang Theory se desarrolla en el Instituto de Tecnología de California o Caltech. Allí trabajan sus protagonistas. Es real. Situado en Pasadena, en Estados Unidos, es una de las mayores instituciones científicas a nivel mundial y presume de tener en su haber más de una treintena de premios Nobel en diferentes ámbitos. Así que la televisión no se la puede jugar.

En la serie tienen a su propio físico. Detrás de Sheldon y del resto de personajes está David Saltzberg, profesor de la Universidad de California (UCLA). Asesora a los guionistas, a veces escribe gran parte de los guiones y ayuda a los actores a meterse en el mundo en el que se mueven sus personajes. Los guiones le llegan con un mes de antelación. Cuenta Saltzberg que, a veces, solo tiene que corregir las teorías ya escritas pero, en numerosas ocasiones, le llegan los diálogos entre corchetes que dicen “ciencia aquí” y él tiene que rellenarlos.

La fórmula parece gustar entre la comunidad científica. Guillermo Mena, director del Instituto de Estructura de la Materia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), recuerda que un congreso de cosmología cuántica celebrado hace un par de años en Estados Unidos arrancó con una escena de la serie. En ella, una pareja de físicos rompía su relación por discrepancias científicas; no se ponían de acuerdo sobre si es mejor la teoría de cuerdas o la gravedad cuántica para hacer compatibles gravedad y mecánica cuántica.

Aquí en España, en un coloquio organizado para hablar sobre el grafeno —por los trabajos con este nuevo material, dos científicos de origen ruso obtuvieron el

Premio Nobel de Física 2010— se proyectó una escena de *The Big Bang Theory* en la que el protagonista sufre una crisis existencial intentando entender el comportamiento del grafeno. Finalmente, encuentra la solución cuando se le rompen un montón de platos.

“El planteamiento de la serie *The Big Bang Theory* cuida bastante los aspectos científicos. Sin llegar a dar explicaciones complicadas, siempre se evitan afir-



Medicina y televisión se dan la mano en *House*.

maciones falsas. Para los científicos, la diferencia entre lo aceptable y lo incorrecto radica muchas veces en pequeñas sutilezas del lenguaje. La serie presta especial atención a esas sutilezas. Es capaz de incluir diálogos sobre cuestiones científicas de máximo interés de forma tal que los especialistas no se sientan incómodos al oír esos comentarios y, a la vez, crear situaciones de humor y tramas capaces de atraer a grandes audiencias que, por supuesto, no están familiarizadas con esos temas de investigación. Todo esto se complementa, además, con escenarios que recrean muy bien el ambiente de los lugares de trabajo donde solemos desenvolvemos los científicos, con carteles, pizarras, libros... que son precisamente como los que utilizamos en nuestro trabajo cotidiano”, explica Guillermo Mena. El asesor científico de la serie espera por eso que *The Big Bang Theory* haga por la física lo que Indiana Jones hizo en su día por las vocaciones arqueológicas.

Matemáticos, forenses y médicos

En otra serie estadounidense, *Numb3rs* (CBS y en España La Sexta), un agente especial del FBI trata de resolver los casos más asombrosos con la ayuda de su hermano, un genio matemático. Cuenta con un buen asesoramiento científico, según Alfonso J. Población, “pero desgraciadamente, el formato de los capítulos provoca que las explicaciones se realicen a una velocidad imposible de digerir, ni siquiera para un experto. El resultado es que Eppes —el protagonista— parece más un nigromante sabelotodo en trance casi perpetuo que un matemático, efecto radicalmente contrario al que los productores pretendían”.

Para el profesor Población, el escaso conocimiento que tiene la sociedad de las matemáticas se debe en gran medida al colectivo de matemáticos y profesores, que no se han ocupado de ello, pero también a los medios de comunicación, que han entendido siempre esta disciplina como demasiado árida. “Sin embargo —añade Población—, las matemáticas están detrás de muchísimas aplicaciones utilizadas a diario, además de explicar y resolver situaciones y problemas reales de nuestra vida cotidiana. Las películas y la televisión son medios que permiten mostrar muy bien estas facetas, aunque no suelen hacerlo, y apelan a ellas en temas más grandilocuentes, como el cambio climático, la economía mundial o la seguridad en las transacciones bancarias. Pero las matemáticas —concluye— se encuentran presentes en ambos tipos de cuestiones, las universales y las cotidianas.”

El grafeno, la teoría de cuerdas, el comportamiento de los fotones, los algoritmos genéticos, la búsqueda tabú... La televisión ha abierto las puertas de la ciencia a millones de personas. “Por mi área de especialización —cuenta Guillermo Mena, director del Instituto de Estructura de la Materia—, los comentarios sobre gravedad cuántica de lazos me parecen especialmente destacables. Es sorprendente que pueda incluirse en el guión de un capítulo de una serie, con una audiencia de decenas de millones de espectadores en Estados Unidos, expli-

La ciencia en el cine

Alfonso J. Población, del departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Valladolid y colaborador del portal de la Real Sociedad Matemática Española de divulgación científica —DivulgaMAT—, es autor del libro *Las matemáticas en el cine* y escribe mensualmente reseñas en www.divulgamat.net para explicar aspectos matemáticos de las películas. A través del séptimo arte, apunta, el espectador ha descubierto que hasta para ligar pueden ser útiles las matemáticas. *El indomable Will Hunting*, *Una mente maravillosa*, *Leyenda de fuego*, *Tu nombre envenena mis sueños* y, más recientemente, *Ágora* son solo algunos de los ejemplos de matemáticas en el cine. En esta última cinta, la protagonista, Hipatia, se cuestiona los modelos aceptados sobre el movimiento de los “errantes” —los planetas— hasta que años después, y tras muchas hipótesis, consigue dar con una solución que explicaría las contradicciones de otro modelo.

“Es una magnífica representación de lo que ocurre cuando se investiga, de la emoción que se alcanza cuando se cree haber descubierto algo, salvo que en la mayor parte de los casos, ni siquiera en toda una vida se alcanzan respuestas”, señala.

El asesoramiento científico cada vez está más presente y mejor valorado en las producciones cinematográficas, “pero, lamentablemente, en la sala de montaje, estas escenas son muchas veces las primeras en descartarse si el metraje ha quedado demasiado largo”, explica Población. ■



series como *Numb3rs* o *Bones* (Fox, en España la emite La Sexta), programa inspirado en la vida real de una antropóloga forense.

¿Pero representan a personajes reales, a científicos reales? Emma Martín, doctora en Física, es seguidora de este tipo de series. No se siente identificada, pero

tampoco se siente lejos de los personajes. “En mi opinión, no ridiculiza a los físicos. Simplemente exageran los tópicos y los concentran en unos pocos personajes. Y, claro, esas características concentradas en una sola persona resultan más cómicas. Lo curioso es que, hablando con compañeros que ven *The Big Bang Theory*, solemos coincidir en que no es nada difícil sentirse iden-

tificado con las situaciones que aparecen, los temas de conversación o las aficiones de los protagonistas. Casi siempre conoces a alguien que actúa como ellos, así que en ese sentido sí puede decirse que acercan la figura del físico”.

Para Alfonso J. Población la imagen del científico que se da en televisión, en particular la del matemático, no difiere demasiado de la de siempre, del estereotipo convencional reconocible. “En cualquier caso, la investigación ha cambiado sustancialmente: hoy priman los grupos de investigación más que el trabajo aislado de una sola persona. Se suele dar la impresión de que los problemas se resuelven y los avances suceden por felices momentos de inspiración o por arte de magia, y nada más lejos de la realidad”.

Pero en televisión prima el tempo, la acción y el entretenimiento. Aunque como apunta Población, “tan entretenido puede ser leer un libro como demostrar una verdad universal como el teorema de Pitágoras”. En parte, la televisión ha descubierto el secreto del éxito de la ciencia y de los científicos: disfrutar de su trabajo. Y Mena señala que “buscar su contrapunto cómico o irónico permite confrontarlo mejor con la realidad, lo hace más accesible y, en cierta forma, desmitifica su posible abstracción”. ■

caciones básicas sobre los avances de una teoría que está abriendo nuevas visiones sobre el espacio y el tiempo, y de la que apenas hay unos cientos de especialistas en el mundo”.

Pero si hay un ámbito científico que ha ido abriendo camino en esto de la televisión es el de la medicina. Las series de médicos son ya un clásico muy a pesar del colectivo, que considera que solo buscan el sensacionalismo a costa del rigor. El doctor Javier Coloma, residente de Cirugía ortopédica y Traumatología en el Hospital Univesitari Sant Joan de Reus, cree que *House* (Fox y Cuatro) sí cuenta con un buen equipo de asesores médicos que buscan siempre las más extrañas patologías o síntomas, que no suelen coincidir juntos, y lo hacen sin descuidar el rigor científico. “En cuanto a otras series, es mejor no comentar nada, puesto que son denigrantes para nuestra profesión. Son nefastas.

Ni siquiera saben de lo que hablan y provocan en el espectador una falsa imagen de nuestro trabajo con la que tenemos que lidiar a diario”, sentencia.

El despertar de las vocaciones

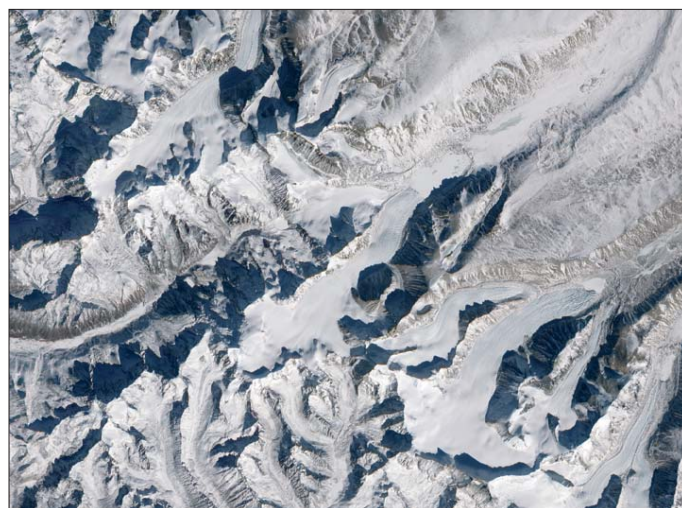
En la naturaleza del ser humano está querer entender el porqué de las cosas, ir más allá y comprender, por eso la ciencia se convierte en argumento de televisión y de cine. Y las series que están popularizando la física, las matemáticas o la medicina también consiguen despertar vocaciones científicas. Por ejemplo, en la Universidad de Penn State, en Estados Unidos, tras el éxito de *CSI* (CBS y Telecinco en España) aumentó increíblemente el número de jóvenes que solicitaron cursar medicina forense. Y entre esos alumnos, cuenta Guillermo Mena, que colabora en el centro con el personal científico, se puede constatar la influencia de

por
Manuel Toharia

Cambio climático

Los glaciares del Himalaya avanzan

AUNQUE ESTAMOS INmersos en un periodo de calentamiento global, bastante acusado en los treinta últimos años del siglo XX y prácticamente estancado desde 1998, algunos glaciares del Himalaya no solo no retroceden sino que algunos de ellos incluso están avanzando, bajando de cota. Lo ha publicado un científico de la Universidad de Potsdam, en Alemania, llamado Dirk Scherler, tras analizar la evolución de 286 glaciares a partir de imágenes tomadas por satélite entre los años 2000 y 2009. Su análisis se refiere esencialmente al macizo del Karakorum, al noroeste del Himalaya. Allí la mitad de los glaciares progresan o se quedan como están, sin retroceder. La otra mitad retrocede a un ritmo variable, pero generalmente pequeño. En otras zonas, en cambio, entre el 60% y el 85% de los glaciares retroceden... Este contraste ilustra de forma nítida las enormes diferencias de clima existentes en todo el mundo, y en particular en una cadena montañosa cuyo comportamiento dista mucho de ser uniforme. En todo caso, los científicos no tienen respuestas sobre la pregunta esencial: ¿por qué en un contexto de subida de temperaturas hay tantos glaciares que progresan en lugar de retroceder? Parece obvio que se impone un estudio de mayor amplitud geográfica y temporal por si el fenómeno se estu-



NASA

Imagen de satélite de un glaciar en el Himalaya (sur de China).

viera dando en otros lugares. Hasta el momento se daba por hecho, de manera absoluta, que todos los glaciares del planeta retrocedían con el calentamiento global.

Cosmología

El oro procede de un 'bombardeo' celeste

HACE TIEMPO QUE LOS planetólogos se interrogan sobre un fenómeno bastante extraño: el oro que encontramos en la corteza terrestre debería estar en el núcleo del planeta, y no en la superficie. En efecto, se trata de un elemento siderófilo, es decir, que tiene afinidad química con el hierro; además del oro están el níquel, el platino y algunos otros. Si el oro que hay en la Tierra hubiera existido en sus inicios, tendría que haber emigrado, junto al

hierro —y el níquel—, hacia el interior, y no debería estar en la corteza. Encontrarlo donde se encuentra solo puede significar, pues, que llegó a lomos de los cuerpos celestes que "bombardearon" al recién nacido planeta en sus primeros quinientos millones de años de vida. Es lo que ha demostrado, mediante modelos numéricos, un equipo de científicos norteamericanos dirigidos por William Bottke, del Departamento de Estudios Espaciales de la Universidad de Boulder (Colorado, EE.UU.). Los investigadores han evaluado la masa de esos meteoritos entre dos límites: lo bastante grandes como para sembrar toda la Tierra, pero no tan grandes como para que el planeta naciente se pudiera romper en pedazos. Gracias a ese "bombardeo" meteorítico, los humanos hemos conocido el oro, el platino, el iridio y otros metales preciosos. ■

La vuelta del Maestro Sollastre

SIRVAN LAS PRIMERAS líneas de la nueva sección *A Tenedor y Cuchara* en esta prestigiosa revista científica tanto para justificar su presencia y necesidad como para constatar la resurrección del Maestro Sollastre.

Si de tiempos geológicos hablamos, ¿qué mejor que crear una sección fija para comentar los avatares de una ciencia, la gastronomía, que hunde sus raíces en la denominada Era Cenozoica Cuaternaria, cuando aparece el *Homo sapiens*, esto es, hace unos 200.000 años? Como muestran los recientes descubrimientos en el yacimiento de Atapuerca, “la alimentación es una de las claves para entender nuestro pasado, presente y futuro como especie humana”. De hecho, en el Museo de la Evolución de Burgos se ha programado una exposición temporal bajo el

título de *La dieta que nos hizo humanos*, que justifica, mejor que lo que pueda hacer este Sollastre, la importancia de la gastronomía en nuestro devenir. Es a partir de este periodo habitado por nuestro ilustre antepasado, cuando comienzan a distinguirse los sabores —ácido, dulce, salado, amargo...—, que condicionan la preparación de los ya entonces habituales alimentos —aves, moluscos, pescados y carnes— en sus más diversas formas. Qué lástima que la extinción de los dinosaurios, unos cincuenta millones de años antes, nos evitara conocer las excelentes preparaciones que debían de hacerse con los solomillos de una cría de diplodocus, aunque imaginamos que no habría mucha variedad de guisos, dada la necesidad de poner pies en polvorosa si se había tenido la suerte de cazar uno.

Y volviendo al Sollastre, permítanme recordarles sus dos acepciones en el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE): “1) Pinche de cocina. 2) Pícaro redomado”. En este y en siguientes números de *Estratos*, les corresponderá a ustedes, amables lectores, decantarse por una u otra. En cualquier caso, quiero reconocer que el Maestro Sollastre ha permanecido en silencio durante los últimos quince años, no por decisión propia sino por el camino que iban tomando los fogones españoles al amparo del “boom ladrillar”. En efecto, la bonanza económica hizo que muchos de nuestros grandes marmitones aprovecharan el desconocimiento de los “nuevos ricos” acerca de nuestras extraordinarias tradiciones culinarias para tomarles el pelo con experimentos de novísima cocina



ISTOCKPHOTO

que permitían inflar el precio (perdón, quiero decir “la dolorosa”).

Pero como no hay dicha que cien años dure, ha tenido que regresar la crisis a nuestros bolsillos para que andemos buscando la honesta pitanza de calidad ya a su justo precio. Además, para alegría de nuestros siempre quejosos restauradores, la celebración de las próximas elecciones municipales y autonómicas conllevará que la elaboración y discusión de listas y programas se haga, como es tradición, a mesa y mantel o, como reza el título de esta sección, ATyC, es decir, a tenedor y cuchara. Esperemos que caldos y viandas permitan a nuestra clase política separar el grano de la paja, para ofrecer a nuestros conciudadanos ofertas realistas y no simplemente electoralistas.

Y hechas las presentaciones, metamos la cuchara en el asunto que hoy nos convoca, que no es otro que el de las tapas.

El resurgir del tapeo

No sé si será a consecuencia del ritmo trepidante que poco a poco va invadiendo nuestra geografía, pero lo cierto es que la tapa, esa porción de alimento sólido que, como define el nunca bien alabado DRAE, “es capaz de acompañar una bebida”, está tomando carta de naturaleza en nuestro universo culinario. Bien es verdad que, de acuerdo con la definición anterior, toda porción de alimento puede considerarse tapa si es servida en la justa proporción. No pretende este Sollastre

descubrirles ahora una institución tan arraigada en nuestra cultura como el tapeo, pero, obviamente, en estos momentos se está dando un resurgir del mismo con una característica diferenciada de la antañona costumbre de picotear algo con el vino o la cerveza del aperitivo. Y para los más jóvenes, descubramos que la tapa proviene de la costumbre que tascas, figones y garitos de menospreciada fama tenían de tapan el vaso o jarra del vino peleón con un palillo que traspasaba cualquier bocado que pudiera llevarse a la bo-

mundo donde se ofrece algo diferente a los archiconocidos *peanuts* o a las no menos conocidas patatas *chip*, a la hora de tomar el aperitivo. Ni siquiera en Italia, donde también es costumbre la hora del aperitivo, se encuentra algo diferente al “sota, caballo y rey”. No quisiera este Sollastre generalizar, pero considera una excepción los *cecchi* que ofrecen en la *Enoteca al Volo* veneciana o en algún otro establecimiento similar.

Es evidente que, ante una institución tradicional como es el tapeo, no puede este Sollastre pretender orien-



Restaurante Casa Labra, en Madrid.

ca, ya fuese torrezno, pepinillo, tomate o lo que se terciase.

Hoy, las zonas de tapeo no se circunscriben únicamente a los antiguos barrios presentes en nuestras poblaciones (el Húmedo de León, el Tubo de Zaragoza, etcétera), ya que cualquier establecimiento puede ofrecer a sus clientes un selecto surtido de tapas con el que acompañar su trago.

Lo que es cierto, como muy bien conocerán los lectores viajados, es que España es el único país del

tar a sus lectores, que lógicamente tendrán su circuito particular de acuerdo con sus gustos. De todas formas, y circunscribiéndonos a Madrid, lugar de residencia de este cronista, sí cabe compartir con ustedes algunos de los lugares más adecuados para departir con los amigos mientras toman el aperitivo.

No es conveniente la nostalgia cuando surgen continuamente nuevos establecimientos, pero no puedo dejar de recordar desde estas líneas la desa-

parición de la tasca *Los pepinillos*, ubicada en la calle Hortaleza, frente a la bajada de Gravina. Sobre sus toneles discutimos muchos de nosotros el próximo inicio de la revolución posfranquista. Dado que no hubo tal revolución, no parece que dicho establecimiento debiera seguir en pie, en previsión de que sus paredes nos recordaran los compromisos e ilusiones nunca cumplidos.

Y ya que estamos en el barrio, propongamos algunos nombres históricos, que siguen campando a sus anchas y despachando litros de cerveza y vermú. Siguiendo Gravina hacia Barquillo, nos encontramos en la plaza de Chueca *La Taberna de Ángel Sierra*, cuyo mostrador de zinc y paredes siguen rezumando tradición y atraen a una numerosa clientela dispuesta a probar sus escabeches de atún y su cuidada selección de mariscos de lata.

Casi vecino al anterior, sigue ofreciendo sus *quiches Lorraine* el bar *Santander*. El tiempo parece haberse detenido en su mostrador de mármol, mientras el cliente prueba sus empanadillas de bonito y sus croquetas.

Y metidos en nostalgia, reseñamos *Casa Labra* (Tetuán, 12), cuyas tajadas de bacalao vienen sirviéndose desde hace más de un siglo y medio. Si estamos atentos, podremos encontrar entre sus paredes el viejo espíritu de la UGT, pues aquí se reunía un tipógrafo llamado Pablo Iglesias que acabó fundando el PSOE. ■

STRATOS

por
Manuel Toharia



Los libros de divulgación del CSIC

En alguna ocasión anterior nos hemos hecho eco, en estas páginas de *Estratos*, de algún libro de divulgación que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha venido editando desde hace un par de años o poco más. Pero a estas alturas del año, son ya muchos los títulos publicados, y todos ellos de excelente nivel tanto en lo científico como, lo que es más de agradecer, en lo divulgativo. Por eso nos ha parecido interesante presentar de manera conjunta los últimos títulos en las diversas colecciones que integran estas series de publicaciones. Una iniciativa más que loable en un organismo dedicado a la investigación porque demuestra que, por fin, los científicos españoles son conscientes de la enorme necesidad que tie-

ne la sociedad de su colaboración en esa tarea esencial de la divulgación de la ciencia entre los ciudadanos. Hay que ser conscientes de que estos libros no serán nunca unos *best sellers* —¡ojalá lo fueran!—, pero contribuyen indudablemente, y con las máximas garantías, a que la situación de incultura científica del país vaya poco a poco evolucionando a mejor.

Las tres colecciones que se editan son las siguientes: “Debates científicos”, “¿Qué sabemos de?” y “Divulgación”. Presentamos a continuación, sin ánimo de ser exhaustivos, algunos de los más recientes títulos de las tres colecciones.

En “Debates científicos” destacamos dos títulos: *Energía nuclear*, de Enrique M. González Romero (director de la Unidad de

Fisión Nuclear del Ciemat) y Valeriano Ruiz Hernández (catedrático de Termodinámica y director del Instituto Andaluz de Energías Renovables). Se trata de un libro de tremenda actualidad —por los sucesos derivados del terremoto de Japón—, en el que los argumentos y los datos empíricos informan de las ventajas y los riesgos de la energía nuclear con fines pacíficos, esencialmente energéticos, con objetividad y sin apasionamiento. Otro es *Células madre*, de César Nombela (catedrático de Microbiología y expresidente del CSIC) y Carlos Simón (catedrático de Ginecología y director científico del Centro de Investigación Príncipe Felipe de Valencia). Dos expertos eminentes en el campo de las nuevas fronteras de la bio-

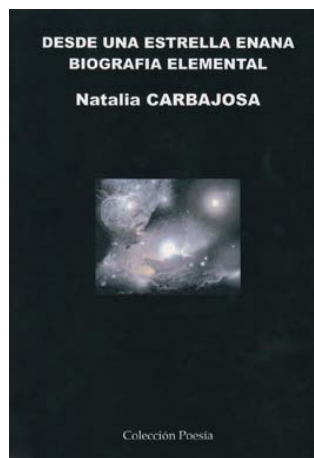
logía abordan aquí el debate científico, no moral, en torno a las células troncales. Al final, se recogen opiniones y valoraciones de otros científicos eminentes: Emilio Muñoz, Javier López Facal, Damián García Olmo, José Manuel García Verdugo, Nicolás Jouve, Agustín Zapata y Juan Antonio Barcia.

En la colección “Divulgación”, un título nuevo: *Océano: el secreto del planeta Tierra*, de Carlos M. Duarte (profesor de investigación del CSIC en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, en Baleares). El agua que cubre el 70% de la superficie del planeta constituye una rareza en los más de setecientos planetas conocidos —los ocho del Sistema Solar, y los extrasolares que seguimos descubriendo—. En ella apareció la vida, y gracias a ella evolucionó y se diversificó, adaptándose a casi cualquier hábitat terrícola. Pero los océanos siguen siendo un mundo desconocido, un mundo de silencio, como decía Cousteau, y de casi infinitas incógnitas.

Finalmente, destacamos en la colección “¿Qué sabemos de?” nada menos que nueve libros, aparecidos a lo largo de 2010. No tenemos espacio para glosar in extenso el contenido, aunque puede deducirse fácilmente a partir del título y del nombre y especialidad de los autores. Por orden de aparición hacia el presente, son los siguientes: *Titán*, de Luisa María Lara (científica titular del Instituto de Astrofísica del CSIC,

en Granada); *La nanotecnología*, de Pedro A. Serena Domingo (investigador científico del Instituto de Ciencias de Materiales del CSIC, en Madrid); *Las migraciones de España a Iberoamérica desde la Independencia*, de Consuelo Naranjo Orovio (profesora de investigación del Instituto de Historia del CSIC, en Madrid); *El lado oscuro del Universo*, de Alberto Casas (profesor de Investigación del Instituto de Física Teórica del CSIC, en Madrid); *Cómo se comunican las neuronas*, de Juan Lerma (profesor de Investigación del Instituto de Neurociencias del CSIC, en Alicante); *Agroecología y producción ecológica*, de Antonio Bello (profesor de Investigación del CSIC en Ciencias Agrarias), Concepción Jordá (catedrática de Patología Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia) y Julio César Tello (catedrático de Producción Vegetal de la Universidad de Almería); *Los números*, de Javier Cilleruelo (investigador científico del Instituto de Ciencias Matemáticas del CSIC, en Madrid) y Antonio Córdoba (catedrático de análisis matemático de la Autónoma de Madrid); *La presunta autoridad de los diccionarios*, de Javier López Facal (profesor de Investigación en política científica y gestión de I+D, en el CSIC), y *El dolor*, de Pilar Goya Laza (profesora de Investigación y directora del Instituto de Química Médica del CSIC, en Madrid) y M^a Isabel Mar-

tín Fontelles (catedrática de Farmacología de la Universidad Rey Juan Carlos, en Madrid). ■



Desde una estrella enana: biografía elemental
Natalia Carabajosa
Editorial Poesía eres tú
Madrid, 2009

Rescatamos este libro, aparecido hace ya más de un año, por muy diversas razones. En primer lugar, porque es un libro de poemas muy bellos. En segundo lugar, y eso justifica más su presencia en las páginas de una revista como *Estratos*, porque esos poemas tienen todos ellos intencionalidad científica, todos ellos. Como dice la autora en la presentación, “la intuición del poeta y la del científico, una voluntad de atisbar desde las herramientas del lenguaje y de la ciencia allá donde su vista de naufrago desconsolado ya no alcanza”. Cada uno de los poemas viene precedido de una cita científica alusiva a la intención de los versos que siguen. Y su lectura puede hacer soñar a los menos racionales, y hacer pensar a los menos soñadores. No es mala recomendación para los tiempos que corren. Un libro, sin duda, insólito. ■

SUSCRIPCIÓNestratos

Nombre y apellidos	Población
Domicilio	e-mail
CP	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 la lista de suscriptores y no se comunicarán a ningún tercero.

© ROBERTO BUENO



Panorámica de uno de los *mallos* de Riglos (Huesca).

Geología de altura

FUENTE DE INSPIRACIÓN Y APRENDIZAJE PARA GEÓLOGOS y escaladores, los *mallos* son espectaculares formaciones rocosas de conglomerados, cantos rodados cementados con arenas, arcillas y material calcáreo. Creen los geólogos que son depósitos de antiguos sedimentos aluviales que los primitivos ríos que se descolgaban de un joven Pirineo dejaban en la depresión del Ebro. En sucesivas eras geológicas, la erosión los

fue desgastando, dándoles forma caprichosa en muchos lugares. Así han llegado hasta la actualidad, en forma de agujas y farallones con espesores de hasta seiscientos metros de sedimentos que destacan sobre las zonas más bajas donde se asientan. En el Prepirineo abundan estas formaciones, entre las que destacan por su especial belleza los *mallos* de Riglos (Huesca), donde los escaladores intentan tocar el cielo. ■

Nos mueve un Proyecto de Futuro



Desde 1972, en Enusa Industrias Avanzadas desarrollamos un trabajo eficaz en el panorama energético de nuestro país.

Abasteciendo de uranio enriquecido a las empresas eléctricas españolas. Diseñando, produciendo y suministrando elementos combustibles y servicios asociados a centrales nucleares nacionales y extranjeras.

Integrando la tecnología más innovadora, invirtiendo en I+D y calidad, y respetando el medio ambiente.

Porque nuestro objetivo es contribuir a un futuro mejor para todos.

 **ENUSA**
INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Avanzamos con Energía

www.enusa.es



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

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

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

■ Tecnología

■ Experiencia

■ Dedicación



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

EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. es una Agrupación de Interés Económico (Ley 12/1991 de 29 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.