



**Entrevista a Antonio López, artista plástico: "Siento la pintura exactamente como siento la vida"**



**Andalucía prepara el atlas de peces continentales de la región para fijar el censo de especies y sus amenazas**



**Enresa estudia el cambio climático para evaluar la seguridad de los depósitos de residuos radiactivos**

# estratos

**Empresa Nacional de Residuos Radiactivos  
N.º 90 / 2 €  
Otoño 2008**

**¿Un apagón del Sol?**



Avanzamos con energía gracias a tu confianza



www.enusa.es

Desde 1972 en Enusa Industrias Avanzadas desarrollamos un trabajo eficaz en el panorama energético español. Diseñamos, producimos y suministramos elementos combustibles y servicios asociados a centrales nucleares nacionales e internacionales. El desempeño de una labor eficiente y de una actividad en armonía con el Medio Ambiente son nuestras prioridades para contribuir a las satisfacciones de nuestros clientes y a un desarrollo sostenible.

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

*Avanzamos con Energía*

## En marcha



EL 1 DE OCTUBRE COMENZARON A almacenarse residuos radiactivos de muy baja actividad en la estructura complementaria para este tipo de materiales creada en el almacén centralizado de El Cabril. El hecho de disponer de una solución específica para estos residuos radiactivos de escasa contaminación radiológica optimiza el modelo de gestión

español y supone la consecución de uno de los grandes objetivos de Enresa.

Desde dicho mes funciona la primera de las cuatro estructuras que se irán construyendo en El Cabril a medida que vayan siendo necesarias. La capacidad total que aportarán estas celdas será de 133.000 metros cúbicos lo que, en la práctica, se traduce en que el almacén cordobés dispondrá de la capacidad suficiente para almacenar todos los residuos radiactivos de baja y media actividad que se produzcan en España, incluyendo los procedentes del desmantelamiento de las centrales nucleares.

La génesis de esta solución específica para residuos radiactivos de muy baja actividad se remonta, entre otros factores, a los incidentes ocurridos en diferentes acerías españolas en la década de los noventa, que pusieron de manifiesto la necesidad de disponer de un modelo de gestión acorde a estos materiales y que no ocuparan las estructuras de El Cabril diseñadas para residuos con mayor contaminación radiológica.

Por ello, tras las resoluciones aprobadas en el Congreso de los Diputados desde 1999 a 2002, Enresa se fijó el objetivo de diseñar una instalación complementaria, tecnológicamente diferente, pero igual de eficiente, destinada al tratamiento específico de los residuos radiactivos de muy baja actividad.

Si la construcción de esta solución centró una parte importante de la actividad de Enresa en estos últimos años, también lo hizo el esfuerzo por dar a conocer a la opinión pública las características de esta instalación ya desde antes de que empezara a funcionar. Puntualmente se ha ido informando de los trámites administrativos que seguía el proyecto y, una vez comenzada la obra, los medios de comunicación fueron reflejando continuamente los avances.

Una vez concluida la primera estructura, antes de que llegaran los primeros residuos, los medios de comunicación conocieron *in situ*, dentro de la denominada *celda 29*, el proceso que seguirán estos materiales que, por su baja contaminación radiactiva, no requieren del hormigón que aísla los residuos en las plataformas de baja y media actividad de El Cabril. ■

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'José Alejandro Pina'. The signature is stylized and written over a circular scribble.

José Alejandro Pina  
Presidente de ENRESA

# estratos

N<sup>o</sup> 90 O T O Ñ O 2008

22

## Los habitantes del agua

José María Montero



32

## Una nueva estrella que viene para ¿quedarse?: el diente de león

Concha Barrigós

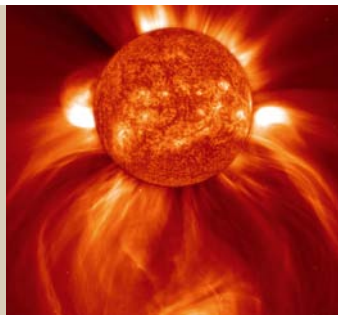
36

## Un Polo muy caliente

Gustavo Catalán Deus



Imagen de una tormenta solar captada por el satélite SOHO en 2002 (NASA/SOHO).



40

## La metrología, esa desconocida tan cercana

Prudencio Párraga



44

## El carbón se resiste a abandonar la escena

Pablo Francescutti

48

## Del lenguaje a los idiomas

Manuel Toharia

53

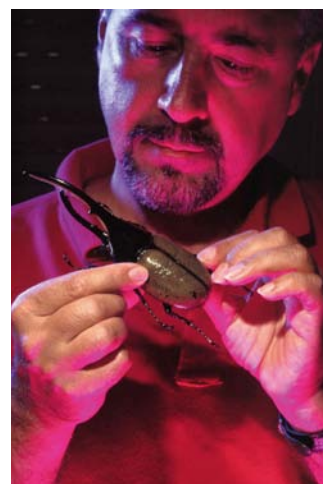
## España, sola como la una

Manuel Muñoz Rojo

56

## La casa de los insectos

Julián Pérez



4 Actualidad

60 Noticario

62 Libros

**Presidente:** José Alejandro Pina.  
**Consejo Editorial:** José Alejandro Pina, Jorge Lang-Lenton, Francisco Linde, Álvaro Rodríguez Beceiro, Armando Veganzones, Máximo Taranilla, Manuel Toharia, José Pons.  
**Director:** Máximo Taranilla.  
**Redactor jefe:** Jorge Fernández.  
**Seguimiento:** Teresa Palacio.

**Redactores y colaboradores:** Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Carlos Egío, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Ángel Lopera, Roberto Loya, Inmaculada G. Mardones, José María Montero, Manuel Muñoz, Julián Pérez Olmos, Mónica Salomone, Juan Tena, Jesús Vicenti.

## 10

### Pasado y futuro del clima

Los Programas Marco Euratom contemplan, entre sus temas de investigación, el análisis del cambio climático como base de predicción para evaluar los riesgos en la seguridad de los depósitos de residuos radiactivos. Enresa ha liderado recientemente un estudio de esta naturaleza en nuestro país.

**The past and future of the climate (page 12)**

Texto: T. de Torres, J.E. Ortiz, M. Valle, A. Delgado y V. Soler



## 16

### Entrevista al pintor Antonio López

Dibujante, pintor, escultor, Antonio López (Tomelloso, 1936) es uno de los artistas españoles más admirados. Nos recibe en su estudio, campechano y vestido con ropa de faena, para desentrañar, a lo largo de una extensa conversación, las claves de su obra: “Siento la pintura exactamente como siento la vida”. En 1985 recibió el Premio Príncipe de Asturias de las Artes y en 2006 el Premio Velázquez de Artes Plásticas.

Texto: Karmen Garrido



## 28

### ¿Un apagón del Sol?

Está a 150 millones de kilómetros de distancia, pero juega un papel clave en nuestra vida. Se diría que, dada su importancia, deberíamos tenerlo ya muy bien estudiado. Pero nada más lejos de la realidad. Un mínimo en la actividad solar más extenso de lo que se pensaba en un primer momento delata que la capacidad de predecir el comportamiento de nuestra estrella es aún limitada.

Texto: Mónica Salomone



**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:** Máximo Taranilla.

**Publicidad:** Corporación Asesora. Hemosilla, 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, Miguel Fleta, 5. 28037 Madrid. 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.

Suscripción anual (4 números): 4 euros.  
Precio por ejemplar: 2 euros.

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

# actualidad estratos



Participantes en la reunión del Club de Agencias celebrada en Córdoba.

## Agencias de dieciséis países europeos analizaron en Córdoba la gestión de residuos de muy baja actividad

El Club de Agencias Europeas para la Gestión de Residuos Radiactivos se reunió los días 1 y 2 de octubre en Córdoba para analizar la gestión de residuos radiactivos de muy baja actividad. Más de veinticinco participantes de dieciséis países, bajo la secretaría de la Comisión Europea, compartieron experiencias, desarrollos legales y visitaron el Almacén Centralizado de Residuos Radiactivos de Baja y Media actividad de El Cabril.

Representantes de España, Reino Unido, Francia, Bélgica, Holanda, Alemania, Finlandia, Lituania, República Checa, Polonia, Suiza, Italia, Rumanía, Hungría, Suiza y Eslovenia participaron en el cuadragésimo sexto encuentro de esta organización, en el que, además de compartir sus experiencias individuales en el campo de la gestión de re-

siduos radiactivos, se llevaron a cabo reuniones técnicas sobre la gestión de residuos de muy baja actividad. Los participantes visitaron el almacén centralizado de El Cabril para conocer la instalación com-

plementaria para ese tipo de residuos que recientemente recibió la autorización de puesta en marcha.

El Club de Agencias Europeas para la Gestión de Residuos Radiactivos se reúne cada seis meses en uno de los países miembros y cuenta con la participación de representantes de la Comisión Europea. ■

## Pequeños productores de residuos radiactivos de toda España se reunieron en Córdoba para intercambiar experiencias

Medio centenar de responsables de gestión de residuos radiactivos generados

en el ámbito hospitalario, industrial y de la docencia e investigación se reunieron los días 11 y 12 de septiembre en Córdoba para intercambiar experiencias y optimizar unos procesos que, aunque poco conocidos, tienen una gran importancia en la vida cotidiana.

En la actualidad, Enresa mantiene contrato con 851 instalaciones radiactivas españolas, que cada año generan una media de 25 metros cúbicos de residuos radiactivos, de los que se responsabilizan profesionales cualificados para que sean gestionados de manera

## Enresa comienza a almacenar residuos de muy baja actividad en la estructura complementaria creada en El Cabril

La primera estructura para residuos radiactivos de muy baja actividad de El Cabril ya está operativa. El pasado 1 de octubre comenzaron a almacenarse residuos radiactivos de esta tipología en la denominada Celda 29, una estructura con 33.000 metros cúbicos de capacidad, que permite dar un tratamiento adecuado a estos desechos de escasa contaminación radiológica.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Consejo de Seguridad Nuclear autorizaron, en el mes de junio, la puesta en marcha de esta nueva estructura, que es la primera de las cuatro

estructuras específicas que proporcionarán a El Cabril la capacidad suficiente para albergar todos los residuos de baja y media actividad que se generen en España. ■



Primeros residuos almacenados en la instalación de muy baja actividad.

acorde a sus características radiológicas.

Fuentes de radioterapia o de medición industrial, y jeringuillas o guantes constituyen algunos de los resi-

contrato con Enresa, 254 son de uso médico, 332 pertenecen al ámbito industrial y 170 al campo de la investigación y la docencia.



Los asistentes a las jornadas de pequeños productores visitaron El Cabril.

duos radiactivos de baja y media actividad que siguen un proceso reglamentado hasta que finalmente son gestionados en el Almacén Centralizado de El Cabril.

De las 851 instalaciones radiactivas que tienen

Durante su estancia en la capital andaluza, responsables de Enresa ofrecieron a la prensa datos sobre pequeños productores en dicha comunidad: de la media de 25 metros cúbicos generados por este colecti-

vo en toda España anualmente, entre un 6% y un 7% han sido producidos en Andalucía. Por procedencias, los residuos retirados de Andalucía vienen en más de un 70% de actividades de investigación y docencia y entre un 13% y un 15% de instalaciones médicas e industriales, respectivamente.

Además, desde enero de 2007 hasta finales de junio de este año se retiraron en dicha comunidad 12 cabezales de pararrayos radiactivos, de un total de 166 retirados en toda España. ■

### Enresa firma un convenio con la Universidad de Sevilla para potenciar la I+D en gestión de residuos radiactivos

El presidente de Enresa, José Alejandro Pina y el rector de la Universidad de

Sevilla, Joaquín Luque, firmaron el 23 de septiembre un convenio marco de colaboración encaminado a potenciar la investigación y el desarrollo en el campo de la gestión de los residuos radiactivos y la restauración ambiental de antiguos emplazamientos nucleares.

El acuerdo supone la puesta en marcha de diez proyectos de investigación que se engloban en las líneas prioritarias de Enresa y que tienen un valor de 1,5 millones de euros.

Entre los objetivos del convenio destacan la caracterización de los procesos de interacción de radionucleidos con los materiales de confinamiento, de extrema importancia para la eficacia y seguridad de su almacenamiento; el comportamiento ambiental de radionucleidos, encuadrado

## El secretario general de Energía, Pedro Marín, elogia las propuestas “valientes, ecológicas y seguras” que se llevan a cabo en El Cabril

El secretario general de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Pedro Marín Uribe, visitó el pasado 30 de julio las instalaciones del Almacén Centralizado de El Cabril. Tras recorrer las instalaciones acompañado por el presidente de Enresa, José Alejandro Pina; el director de El Cabril, Carlos Pérez Estévez, y otros directivos de esta empresa pública, aseguró que se trata de unas instalaciones “únicas” y que “dan la seguridad de una buena gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad”.

Pedro Marín destacó la importancia de la actividad de Enresa y valoró “las grandes medidas de seguridad para los trabajadores de El Cabril. En este sentido, Marín subrayó el grado técnico de funcionamiento y mecanización de El Cabril, “que lo convierte en referencia para otros países”. Asimismo, Marín destacó las propuestas “valientes, ecológicas, seguras y adelantadas” que se llevan a cabo en estas instalaciones cordobesas.

El secretario general de la Energía tuvo ocasión de

conocer la instalación complementaria de almacenamiento de residuos radiactivos de muy baja actividad que recientemente comenzó a funcionar. ■



José Alejandro Pina, Pedro Marín y Carlos Pérez Estévez.

## Sara Sans, de 'La Vanguardia', galardonada con el Premio Energía y Medio Ambiente que patrocina Enresa

La periodista de *La Vanguardia*, Sara Sans, recibió el pasado 10 de octubre el Premio Energía y Medio Ambiente, que patrocina Enresa dentro de los XX Premios que anualmente otorga el Club Español de la Energía. La entrega de estos galardones se celebró en Madrid, en un acto presidido por el ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, y por el presidente del Club Español de la Energía, Antonio Brufau.

Entre los reconocidos en esta edición de los premios destacó el ex presidente del Gobierno, Felipe González, quien insistió en la necesidad de abrir el debate sobre la energía nuclear "teniendo en cuenta el avance en tecnología y en los sistemas de eli-

minación de residuos", así como en "un esfuerzo en I+D en renovables".

Por su parte, el presidente del Club de la Energía y de Repsol, Antonio Brufau, destacó que el "complejo panorama actual" hace que el futuro de la energía se encuentre sometido "a grandes incertidumbres generadas, en gran medida, por las circunstancias que se viven en el ámbito geopolítico, financiero y social".

Así, Brufau afirmó que las principales preocupaciones en el sector se centran actualmente en la "accesibilidad y costes" de la energía. "Hoy, en efecto, el problema está en cómo acceder y disponer de las reservas; cómo poder obtener las materias primas,

transportarlas y transformarlas o cómo ordenar el comercio y regular los mercados, cuando sean regulables. Cómo aplicar las nuevas tecnologías para conseguir mantener el crecimiento y que éste sea sostenible. Cómo permitir que la oferta y la demanda, en el respeto de políticas claras y estables, actúen como mecanismos de ordenación, tanto en la disponibilidad de energía final como en la retribución equitativa del consumo", dijo.

Junto a Felipe González y Sara Sans fueron premiados en esta edición en sus diversas categorías los periodistas Javier López Noriega (*Cinco Días*), Baltasar Montaña (*El Mundo*), Adela Varela (*El Economista*), Miguel Ángel Patiño (*Expansión*), Marisol Navarro (*Boomerang TV*), Consuelo Criado (*Servi-media*), Fátima Iglesias (*Antena 3 TV*) y Javier González Navarro (*ABC*). ■

dentro de la estrategia de gestión sobre restauración ambiental y protección radiológica y, por último, la caracterización y las tecnologías de medida de radionucleidos, con una especial atención al desarrollo instrumental y metodológico necesario.

Por medio de este convenio la Universidad de Sevilla y Enresa se comprometen a colaborar en el desarrollo de actividades científicas y de desarrollo tecnológico, a intercambiar expertos, a formar personal cualificado y a la utilización y comercialización a terceros de tecnología desarrollada a través de esta cooperación.

La Universidad de Sevilla aportará tanto la experiencia y autoridad de sus investigadores, entre los que cuenta con reconocidos expertos a nivel internacional, como las sofisticadas instalaciones que reúnen el Centro Nacional de Aceleradores (CNA) y el Centro de Investigación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS). Asimismo, el acuerdo permitirá convertir a estas instalaciones en centros de referencia de I+D para Enresa, lo cual situará a la Universidad de Sevilla en una posición de liderazgo en el sector. ■

### 'Integra en verde', nueva acción de voluntariado de Enresa

Enresa celebró los días 11 y 17 de octubre en Madrid y en El Cabril una actividad de voluntariado consistente en una jornada de integración de personas con discapacidad intelectual mediante

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA



Arriba, Sara Sans recibe su premio de manos de Enrique Martínez Robles, presidente de SEPI, en presencia de Antonio Brufau. Abajo, foto de todos los galardonados.

## Cándido Méndez y José María Fidalgo destacan la calidad del empleo y la gestión segura de los residuos que se desarrolla en El Cabril

Los secretarios generales de la Unión General de Trabajadores (UGT) y de Comisiones Obreras (CC.OO.), Cándido Méndez y José María Fidalgo, visitaron recientemente el almacén centralizado de residuos de baja y media actividad de El Cabril (Córdoba). Tanto en la visita del responsable de UGT, el día 24 de julio, como en la del de CC.OO., el 4 de noviembre, ambos líderes sindicales destacaron tanto la seguridad y la calidad de la gestión de residuos que allí se realiza, como el empleo estable y la experiencia de la que gozan los trabajadores de la instalación.

El secretario general de UGT expresó su satisfacción por conocer “cómo trabaja una de las empresas con mayor cualificación y mayor capacidad técnica del mundo”. Tras recorrer la instalación Cándido Méndez destacó las “formidables” medidas de seguridad, así como la “gran experiencia y preparación de los trabajadores del centro”.

Méndez incidió además en la importancia de que los residuos se gestionen por control remoto, lo que permite que los trabajadores no entren en contacto con estos materiales.

Por su parte el secretario general de Comisiones Obreras, José María Fidalgo,

defendió tras su visita la necesidad de que en España existan empresas como Enresa, que, con su trabajo en el almacén centralizado de El Cabril, desarrollan una actividad productiva “muy importante” además de crear empleo “estable y de calidad” y de “resolver problemas de toda la sociedad, como es la gestión de residuos radiactivos producidos en la generación de energía y en la medicina”.

Para Fidalgo, es muy importante visitar y dar a conocer este tipo de instalaciones con grandes medidas de seguridad y que son parte de un proceso del “que somos beneficiarios todos”. ■

J. FERNÁNDEZ



J. FERNÁNDEZ

Los líderes sindicales de UGT, Cándido Méndez (imagen izquierda), y de CC.OO., José María Fidalgo (imagen derecha), durante sus respectivas visitas a El Cabril.

trabajos de jardinería. Dos grupos, de 16 y 13 participantes respectivamente, se formaron en un curso previo que tenía como colofón la celebración de estas jornadas para plantar árboles en compañía de voluntarios de Enresa.

El objetivo final de estas dos acciones es la integración sociolaboral de personas con discapacidad. La formación recibida, así como la práctica realizada, ayudará a estas personas a tener más cerca un empleo.

Las acciones de voluntariado de Enresa forman parte del acuerdo que la empresa firmó con Adecco en 2006, gracias al cual se ha creado un Plan Familia para el apoyo a familiares de empleados con dificultades para la inserción laboral. ■

### El GNEP propone constituir un grupo de trabajo sobre residuos radiactivos

Los miembros del Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) se proponen discutir aspectos relacio-

nados con la gestión de residuos radiactivos, incluyendo potenciales propuestas de cooperación internacional, en un nuevo grupo de trabajo que ha sido propuesto fruto de las deliberaciones de la segunda reunión del Comité Ejecutivo, el pasado 1 de octubre en París.

La propuesta para la creación de este grupo específico surge como consecuencia de las deliberaciones de otros grupos de trabajo que han coincidido

en otorgar una destacada relevancia a la gestión segura de los residuos radiactivos.

De acuerdo con los objetivos enunciados en los términos de referencia adoptados por el comité de GNEP, se propone que el grupo discuta estrategias para la gestión de combustible gastado declarado como residuo radiactivo, residuos procedentes de programas de reprocesado y residuos operacionales y de desmantelamiento. ■

## Expertos de dieciséis países debaten en Vandellós sobre gestión de residuos radiactivos procedentes del desmantelamiento de instalaciones

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y Enresa celebraron del 13 al 15 de octubre en Tarragona y del 16 al 17 de octubre en Madrid, un encuentro internacional de expertos en gestión de materiales y residuos radiactivos procedentes del desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas. Cerca de 30 expertos, de 16 países, se dieron cita en el Centro Tecnológico Mestral de la antigua central nuclear Vandellós I con el objetivo de debatir sobre las técnicas, los procedimientos y las tecnologías aplicables a la gestión de residuos en proyectos de desmantelamiento como el llevado a cabo por Enresa en esta central tarraconense.

El encuentro, organizado en formato de *workshop*, contó con la presencia representativa de Rusia, Ucrania, Serbia, Rumanía, República Checa, Bulgaria, Hungría, Eslovaquia, Armenia, Eslovenia, Grecia, Canadá, Brasil, Australia y Filipinas. El *workshop* se desarrolló mediante sesiones

teóricas y prácticas, mesas de discusión y exhibición de equipos. Las reuniones de este evento se celebraron en la sede del Mestral y, a continuación, en Madrid, en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), donde los expertos pudieron comprobar sobre el terreno los procedimientos y la tecnología que emplea Enresa en la gestión de materiales y residuos procedentes del actual proceso de desmantelamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas de la antigua Junta de la Energía Nuclear.

Este nuevo encuentro internacional forma parte del acuerdo de colaboración establecido entre Enresa y el OIEA con objeto de fomentar, en las instalaciones del Centro Tecnológico Mestral, la formación de profesionales de alto nivel en disciplinas relacionadas con el desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas, así como en la gestión de los materiales y residuos resultantes de esta actividad. ■

### Enresa colabora en la VIII Semana de la Ciencia de Madrid

La visita al centro de información de Enresa en Madrid, bajo el título *Cómo se gestionan los residuos radiactivos en España*, fue una de las 500 actividades programadas en la VIII Semana de la Ciencia de Madrid. Durante la mañana del pasado 12 de noviembre, Enresa abrió sus puertas para formar parte, un año más, del programa de esta edición de las jornadas madrileñas cuyo objetivo es fomentar la participación ciudadana en cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología.

La Semana de la Ciencia de Madrid es uno de los acontecimientos más importantes de ciencia en Europa. Organizada por la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, este año celebró su VIII edición del 10 al 23 de noviembre.

Su finalidad es “alentar el desarrollo de relaciones armoniosas entre ciencia y sociedad, así como contribuir a que los científicos reflexionen de manera crítica y adopten una actitud más receptiva ante las preocupaciones de la sociedad”.

Esta edición acogió a más de 250 entidades diferentes con el objetivo común de acercar la ciencia y la tecnología a los ciudadanos. Universidades, centros de investigación, sociedades científicas, ONG, empresas y museos han abierto sus puertas durante dos semanas, organizando medio millar de actividades gratuitas. ■



El grupo de expertos en desmantelamiento, ante el edificio del reactor de Vandellós I.

SEMINARIO ESPECIALIZADO



Consulte nuestros  
descuentos para grupos

# Contratos en el Sector Energético

MADRID, 11 DE DICIEMBRE DE 2008 • SALA DEL CONSEJO • Avda. de San Luis, 25-27

CON LA INTERVENCIÓN ESPECIAL DE:

**D. Fernando Calancha**  
Abogado del Estado  
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

CON LOS MEJORES EXPERTOS:

- ⊙ **ENDESA:**
  - ▶ Descubra las consecuencias de la futura tarifa de último recurso
  - ▶ Conozca cuáles son las modalidades de contratación en el mercado liberalizado
- ⊙ **RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA:**
  - ▶ Analice los requisitos para contratar el acceso y conexión a la red de transporte
- ⊙ **ENAGÁS:**
  - ▶ Conozca los efectos de los contratos relacionados con el suministro de gas en la liberalización del mercado
- ⊙ **CLIFFORD CHANCE:**
  - ▶ El marco normativo de las subastas ▶ La utilización de instrumentos financieros

Publicación Colaboradora: **estratos**

Portales Colaboradores:

**PortalEnergía**  
EL MUNDO DE UN SECTOR ENERGÉTICO

**portalsolar**  
EL MUNDO DE UN SECTOR ENERGÉTICO

**SOL Y VIENTO**  
EL MUNDO DE UN SECTOR ENERGÉTICO

www.conferenciasyformacion.com

Sí, deseo inscribirme

Precio: 1.100 € + 16% IVA

Sí, deseo recibir más información

APELLIDOS \_\_\_\_\_ NOMBRE \_\_\_\_\_

CARGO \_\_\_\_\_ EMPRESA \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN \_\_\_\_\_

CIUDAD \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_ C.I.F. \_\_\_\_\_ WEB \_\_\_\_\_

TELÉFONO \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_ E-MAIL \_\_\_\_\_

902 99 62 00

91 443 69 95

EST C. COMPRAR

infoconferencias@unidadeditorial.es

Sus datos de carácter personal van a ser incorporados a un fichero cuyo responsable es Unidad Editorial, S.A. con domicilio en la Avda. de San Luis, 25-27 28013 Madrid, con la finalidad de remitirle información sobre otros cursos y conferencias de Unidad Editorial Conferencias y Formación, sobre los productos de Unidad Editorial, S.A. y ofertas comerciales de aquellas entidades con las que Unidad Editorial, S.A. llegue a acuerdos con tal fin, así como información sobre los productos de los patrocinadores o colaboradores de la Conferencia, incluyendo el envío de comunicaciones comerciales por e-mail. En caso de que no desee recibir información publicitaria, marque las siguientes casillas: No deseo recibir información de terceros.  
 No deseo que mis datos se cedan a los patrocinadores o colaboradores que aparezcan identificados en el folleto de la Conferencia.  
 No deseo recibir información publicitaria por e-mail.  
En cualquier momento podrá ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, escribiéndole a la dirección indicada. Ayudemos a mantener dichos datos actualizados comunicándonos cualquier modificación que se produzca en los mismos.

EL MUNDO

Expansión

Expansión.com

Expansión EMPLEO

EXPANSIÓN

**Los Programas Marco Euratom contemplaron, entre sus temas de investigación, el análisis del cambio climático como base de predicción para evaluar los riesgos en la seguridad de los depósitos de residuos radiactivos,** derivados de alteraciones climáticas venideras. Todo parece indicar que el proceso actual de cambio climático no tiene retroceso posible y que habrá que esperar un periodo temporal geológico para acercarse de nuevo a las condiciones que había antes de la revolución industrial. Con todo, parece imprescindible el intento de corrección del impacto del cambio climático, procurando un aterrizaje suave en la nueva situación; quizá ello sólo sea posible siguiendo una receta elemental a base de concienciación social, energías renovables, energía nuclear, y con nuevos proyectos de investigación que permitan determinar cómo se ha registrado la influencia antrópica desde el siglo XIX. ■

POR **Trinidad de Torres**<sup>1</sup>, **José Eugenio Ortiz**<sup>1</sup>, **Maruja Valle**<sup>2</sup>, **Antonio Delgado**<sup>3</sup> y **Vicente Soler**<sup>4</sup>.

*Nuevas técnicas de datación permiten reconstruir la historia climática de la Península Ibérica*

## Pasado y futuro del clima

**E**L ANÁLISIS DEL CLIMA DEL PASADO como base de predicción del clima del futuro ha sido y es de gran interés en la sociedad y específicamente en el ámbito científico, tecnológico e industrial. Aspectos tan relevantes como la sostenibilidad ambiental en el campo de los recursos energéticos y en la gestión de residuos tóxicos y radiactivos, o en la planificación y usos del territorio, deben considerar la evolución

climática para una correcta toma de decisiones. En este ámbito, y en lo que respecta a la gestión de residuos radiactivos, la Unión Europea ha venido promoviendo en su Programas Marco de I+D acciones específicas para mejorar tanto el conocimiento del clima de los dos últimos millones de años, como las herramientas de predicción de su evolución futura. Dentro de estos programas, Enresa y un conjunto de centros de investigación liderados por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM-ETSIMM) han podido profundizar en la evolución del clima en la Península Ibérica a lo largo de los últimos millones de años (Periodo Cuaternario) aportando una concepción más clara y precisa de su evolución.

Dicha mejora del conocimiento ha sido posible gracias al desarrollo de nuevas técnicas de datación, acompañadas de intensos trabajos de investigación en campo y laboratorio.

### ¿Cómo estudiar el paleoclima?

La predicción del futuro en base al estudio del pasado se denominó “el principio del uniformismo” y fue definido por Hutton en el siglo XVI: los escenarios geológicos actuales permiten explicar los del pasado y, por extensión en nuestro caso, los del futuro.

Sin embargo, la realización de análisis paleoclimáticos fiables, no es fácil, dado que deben cumplirse dos premisas básicas:

— Disponer de registros geológicos de calidad y continuidad suficientes, que

<sup>1</sup> Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. Escuela Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias (Universidad de Salamanca).

<sup>3</sup> Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Granada.

<sup>4</sup> Instituto de Agrobiología y Productos Naturales (CSIC). La Laguna, Tenerife.

cuenten con elementos capaces de reflejar los cambios climáticos que se han sucedido a lo largo del tiempo.

— Disponer de técnicas adecuadas para situar en el tiempo geológico los acontecimientos detectados.

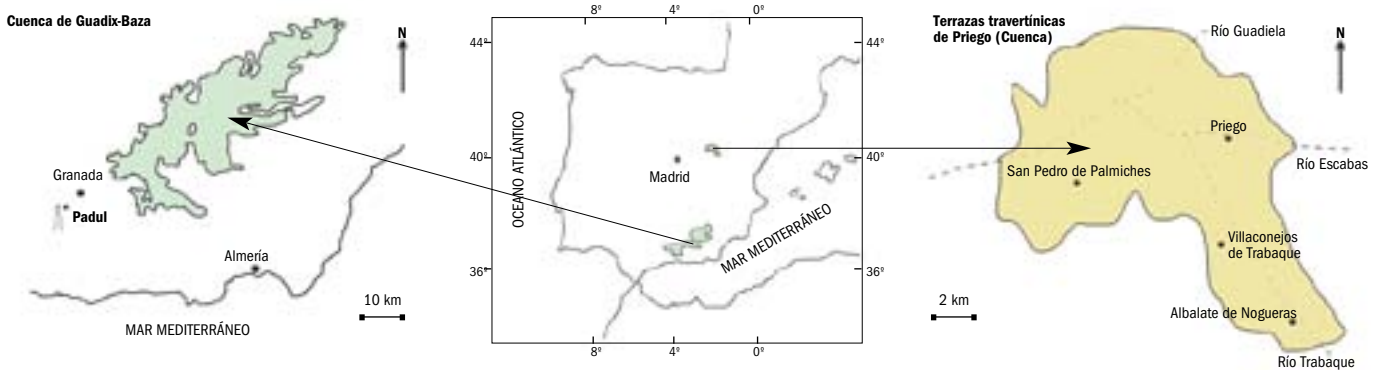
En pocas palabras, que existan técnicas de datación y materiales datables. La presencia de fauna de zonas frías en la Península Ibérica, testimonio de periodos glaciares, ha quedado ampliamente documentada: huesos de mamut, rinoceronte lanudo y homínidos aparecen por doquier. Ahora bien, en muchos casos no se conoce su edad geológica precisa ni, evidentemente, la duración de este episodio frío; obviamente también aparecen restos de representantes de fau-

na Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, el método de datación por racemización de aminoácidos, aplicándose inicialmente a la datación de travertinos para cálculos de velocidad de incisión fluvial con resultados espectaculares (terrazas travertínicas de Priego, Cuenca). Posteriormente se estudiaron dos paleolagos: la cuenca de Guadix-Baza y la turbera de Padul, ambas en la provincia de Granada (figura 1).

La cuenca de Guadix Baza es una amplia zona lacustre de varios miles de kilómetros cuadrados de extensión. Durante gran parte del Cuaternario estuvo ocupada por lagos más o menos salinos, con un ecosistema asociado de sabana africana donde medraron animales

duda de la presencia humana en la zona ya que recientemente se han localizado herramientas de piedra de 1,1 millones de años de antigüedad.

Dejando de lado el tema conflictivo de los vertebrados fósiles, el proyecto se enfocó al estudio de unos diminutos habitantes de los charcos salinos: los ostrácodos, pequeños crustáceos de concha calcítica que aparecen en gran número en muchos de los cientos de muestras recogidas (figura 2) y a los que se les pudo aplicar la datación por racemización. De forma sencilla puede decirse que la racemización es un proceso dependiente de la temperatura y del tiempo que afecta a los aminoácidos de los seres vivos, L-aminoácidos, que tras



**Figura 1. Situación geográfica de la cuenca de Guadix-Baza, la turbera de Padul y las terrazas travertínicas de Priego.** Figure 1. Geographical location of the Guadix-Baza basin, Padul peat bog and limestone terraces at Priego.

na cálida que presentan idénticas incertidumbres.

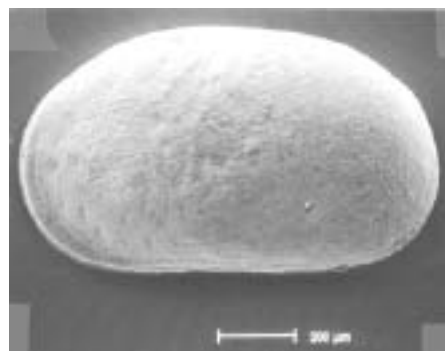
Para poder cumplir estas premisas fue necesario:

— Buscar lugares en la Península Ibérica donde existieran registros geológicos continuos de los últimos centenares de miles de años y que además pudieran reflejar los cambios acontecidos.

— Completar las técnicas analíticas habituales con otras más precisas que permitieran poder cuantificar dichos registro y cambios.

Como áreas de trabajo se seleccionaron como más apropiadas antiguos lagos, dada su capacidad de registro de los cambios ambientales. Además del uso de las técnicas convencionales, se desarrolló, en el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la Escuela Téc-

como el tigre de dientes de sable, panteras, cebras rinocerontes y homínidos. Aunque el resto denominado “Hombre de Orce” ha estado sometido a gran controversia paleoantropológica, no hay



**Figura 2. Imagen tomada con microscopio electrónico de una valva del ostrácodo *Cyprideis torosa*.** Figure 2. Electron microscope image of a valve of the ostracod *Cyprideis torosa*.

su muerte se van transformando en D-aminoácidos. La cuantificación del proceso permite establecer el tiempo transcurrido desde la muerte del ser vivo, dando información además de la historia térmica de la zona. Esta técnica se completó con el estudio de las relaciones isotópicas  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  y  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  que proporcionaron información sobre las paleotemperaturas y la biomasa vegetal. El estudio de las inclusiones fluidas existentes en los yesos aportó valiosa y precisa información sobre la salinidad de estos antiguos lagos.

Estos datos, junto con el estudio de los granos de polen conservados en la turbera de Padul y el resto de datos de sedimentos geológicos, paleontológicos y geofísicos, han permitido una muy buena reconstrucción paleoclimática de esta

zona de la Península Ibérica y su conexión con el resto de Europa.

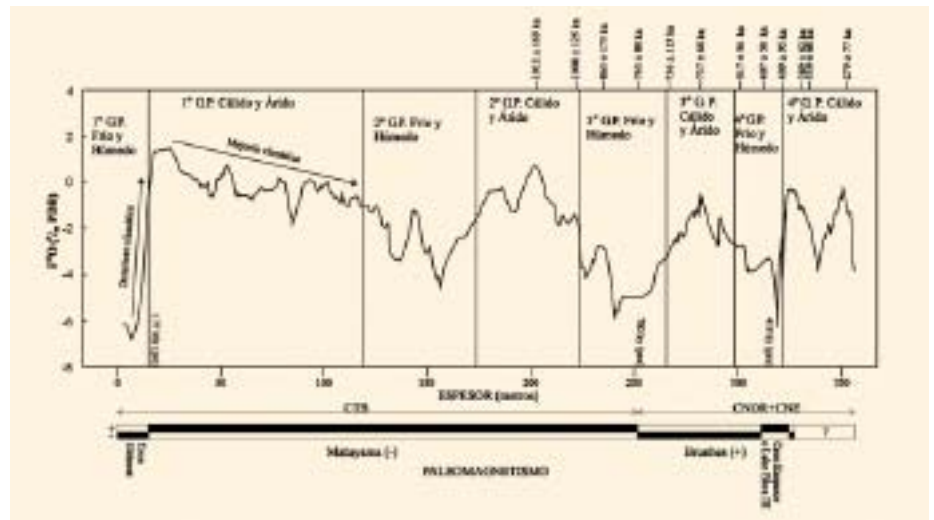
### El clima en Iberia desde hace dos millones de años

El clima en Iberia, al menos en su mitad sur, se rigió según parámetros climáticos bien distintos de los que se habían definido para Europa transpirenaica:

— Obviamente la zona no fue nunca afectada por procesos de glaciación. Ello queda claramente indicado, además, por la persistencia de faunas cálidas que difícilmente habrían vuelto a colonizar esta zona de la Península.

— Durante los periodos cálidos la zona habría estado sometida a una aridez extrema, aunque los lagos posiblemente no llegaron a desaparecer.

— El análisis de la periodicidad climática revela que existió una ciclicidad de gran amplitud, de unos 520.000 y 315.000 años, que se superpuso a las de orden menor, 100.000, 40.000 y 17.000 años (figura 3). Estas repeticiones están gobernadas por forzamientos astronómicos ligados a cambios en la excentricidad de la órbita terrestre, inclinación



**Figura 3. Curva suavizada de los valores de la  $\delta^{18}O$  obtenidos en valvas del ostrácodo *Cyprideis torosa* de la sección estratigráfica tipo de la cuenca de Guadix-Baza con su interpretación paleoambiental (Torres et al. 2003, PADAMOT, BIOCLIM).** Figure 3. Smoothed curve of the values of  $\delta^{18}O$  obtained in valves of the ostracod *Cyprideis torosa* from the type stratigraphic section of the Guadix-Baza basin, with paleo-environmental interpretation (Torres et al. 2003, PADAMOT, BIOCLIM).

y precesión del eje de rotación de la Tierra. Estos cambios en la geometría orbital determinan oscilaciones fundamentales en la cantidad de energía que recibe la Tierra desde el Sol y, cuando se combinan las situaciones más desfavorables, se produce un enfriamiento generaliza-

do que culmina con la expansión de los casquetes polares, provocando descensos estimados en cien metros del nivel de mar. En Iberia, en especial en su mitad sur y posiblemente, la meseta norte, el comportamiento climático tuvo un *sello mediterráneo* con mayor hume-

New dating techniques allow the climatic history of the Iberian Peninsula to be reconstructed

## The past and future of the climate

One of the subjects of research included in the Euratom Framework Programmes was analysis of climate change as a basis for prediction allowing for assessment of the risks for the safety of radioactive waste repositories that will arise as a result of future climate alterations. Everything seems to suggest that there is no going back on the current process of climate change and that it will be necessary to wait for a geological period to pass to get close again to the conditions that existed before the industrial revolution. One way or an-

other, an attempt to correct the impact of climate change would appear to be essential, in order to ensure a soft landing in the new situation. It is possible that this might be achieved only through an elementary approach based on social awareness, renewable energy sources and nuclear power, accompanied by new research projects making it possible to determine the way in which the influence of mankind has been felt since the 19th century. ■ BY Trinidad de Torres<sup>1</sup>, José Eugenio Ortiz<sup>1</sup>, Maruja Valle<sup>2</sup>, Antonio Delgado<sup>3</sup>, Vicente Soler<sup>4</sup>.

Analysis of the climate in the past as a basis for prediction of the climate in the future has been, and continues to be, of great interest for society, specifically in the fields of science, technology and industry. Aspects as relevant as environmental sustainability in the field of energy resources and in the management of toxic and radioactive waste, or in land planning and use, should take the evolution of the climate into consideration in order to ensure correct

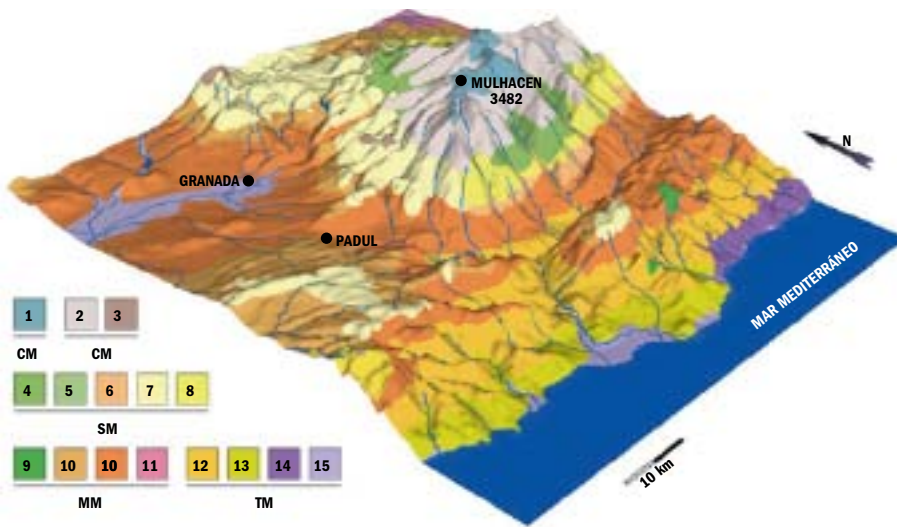
decision-making. In this respect, and as regards radioactive waste management, the European Union has been promoting specific actions through its R&D Framework Programmes to improve both understanding of the climate over the past two million years and the tools for prediction of its future evolution. Within the framework of these programmes, Enresa and a series of research centres led by the University College of Mining Engineering of the Polytechnic University of Madrid (UPM-ETSIMM) have been able to gain insight into the evolution of the climate on the Iberian Peninsula over the past few million years (Quaternary Period), providing a clearer and more accurate picture of this evolution. This improved understanding has been possible thanks to the development of new dating techniques, accompanied by intensive research work in the field and the laboratory.

<sup>1</sup> Biomolecular Stratigraphy Laboratory. University College of Mining Engineering of Madrid (Polytechnic University of Madrid).

<sup>2</sup> Faculty of Sciences (University of Salamanca).

<sup>3</sup> Zaidín Experimental Station (CSIC). Granada.

<sup>4</sup> Institute of Agricultural Biology and Natural Products (CSIC). La Laguna, Tenerife.



**Figura 4. Esquema gráfico en 3-D de la zona de la turbera de Padul con los pisos bioclimáticos de Sierra Nevada: criomediterráneo (CM), oromediterráneo (OM), supramediterráneo (SM), mesomediterráneo (MM), termomediterráneo (TM). Actualmente la turbera de Padul recibe lluvia de polen de todos ellos.** Figure 4. 3-D graphic representation of the area of the Padul peat bog with the bioclimatic divisions of Sierra Nevada: cryo-Mediterranean (CM), oro-Mediterranean (OM), supra-Mediterranean (SM), meso-Mediterranean (MM), thermo-Mediterranean (TM). The Padul peat bog currently receives a rain of pollen from all.

dad en los periodos fríos y un incremento de aridez durante los cálidos. Este tipo de comportamiento climático también se ha encontrado en registros lacustres del Mar Muerto en Israel. Desgraciadamente, el registro sedi-

mentario de la cuenca de Guadix Baza se interrumpió hace algo más de 200.000 años, cuando el Guadalquivir Menor se abrió paso a través de las sierras que configuran su límite norte y la cuenca empezó a vaciarse debido a la erosión, pero el

estudio del registro paleoclimático de la turbera de Padul —mediante la perforación de un sondeo con recuperación de testigo continuo— se planteó como un repuesto por si el estudio del registro de la cuenca de Guadix Baza no proporcionara suficiente información. Es obvio que no fue así (ver figura 4).

Se ha podido constatar que la región mediterránea tuvo un carácter de *refugio* de especies vegetales durante el Cuaternario. Esto explica que solamente en episodios cortos muy concretos los *Quercus* sp., típicos del clima mediterráneo, llegaron a desaparecer y que, por el contrario, pervivieran prolongadamente especies vegetales que faltan en el registro europeo transpirenaico desde hace casi dos millones de años.

### Mirando al futuro

Las primeras modelaciones de evolución futura del clima se realizaron bajo las premisas de que el comportamiento climático de Iberia sería similar al de zonas centroeuropeas y que los forzamientos (factores gobernantes) del clima serían los puramente astronómicos,

### How does one study the paleoclimate?

Prediction of the future on the basis of study of the past is known as the “principle of uniformity” and was defined by Hutton in the 16<sup>th</sup> century: current geological scenarios allow those of the past to be explained and, by extension in our case, those of the future.

However, the performance of reliable paleoclimatic analyses is not a simple matter, since two basic premises must be fulfilled:

—Availability of geological registers of sufficient quality and continuity, with elements capable of reflecting the climate changes that have occurred over time.

—Availability of adequate techniques for the events detected to be situated in geological time.

In short, there is a need for both dating techniques and materials for dating. The presence on the Iberian Peninsula of fauna typical of cold areas, a testimony to the existence of glacial periods, has been widely documented: the bones of mammoths, woolly rhinoceros and hominids appear everywhere. However, in many cases the precise geological age of these remains is not known, the same obviously being true for the duration of the cold period in question. There are also remains of species belonging to warmer periods, which present the same uncertainties.

In order to fulfil these premises it was necessary:

—Search for locations on the Iberian Peninsula with continuous geological registers for the last few hundreds of thousands of years and capable of reflecting the changes occurring.

—Complete the habitual analytical techniques with other more accurate approaches making it possible to quantify these registers and changes.

The working areas selected as being most appropriate were ancient lakes, due to their capacity to register environmental changes. In addition to using conventional techniques, the method of dating by amino-acid racemisation was developed at the Biomolecular Stratigraphy Laboratory of the University

College of Mining Engineering of Madrid, this being applied initially to the dating of freshwater limestones for the calculation of fluvial incision rates, with spectacular results (limestone terraces at Priego, Cuenca). Two paleo-lakes were subsequently studied: the Guadix-Baza basin and the Padul peat bog, both in the province of Granada (figure 1).

The Guadix Baza basin is a large lacustrine area measuring several thousand square kilometres. For a large part of the Quaternary it was occupied by more or less saline lakes with an ecosystem associated with the African savannah, inhabited by species such as the sabre-toothed tiger, panthers, zebras, rhinoceros and hominids. Although the remains of the so-called “Orce Man” have been the subject of great paleo-anthropological controversy, there can be no doubt as regards the presence of humans in the area, since 1.1 million-year old stone tools have recently been discovered.

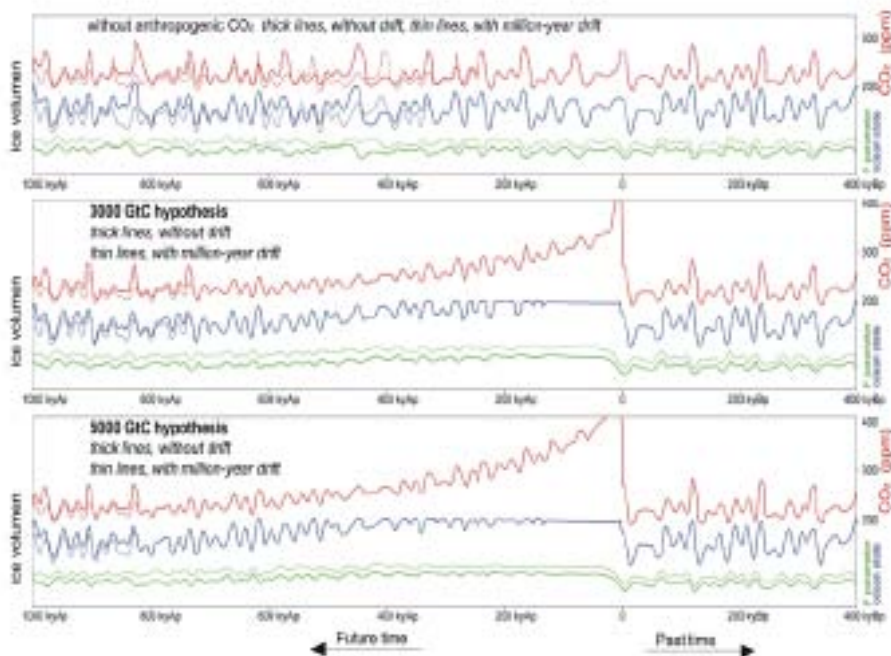
Leaving aside the controversial issue of fossil vertebrates, the project focussed on the study of certain diminutive inhabitants of the saline ponds: the ostracods, small crustaceans with calcium shells that appear in large numbers in many of the hundreds of samples taken (figure 2) and to which it was possible to apply racemisation dating. Put simply, racemisation may be described as being a temperature and time-dependant process affecting the amino-acids of living beings, L-amino-acids that, after death, transform into D-amino-acids. Quantification of this process makes it possible to establish the time that has passed since the death of the living being, providing information also on the thermal history of the area. This technique was completed with study of the isotopic ratios  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , which provided information on paleo-temperatures and plant biomass. The study of the fluid inclusions existing in gypsums provided accurate and valuable information on the salinity of these ancient lakes.

These data, along with the study of the grains of pollen conserved in the Padul peat bog and the other logical, paleontological and geophysical data ▶

basados en las teorías de Milankovitch. Esto significaba que el clima se dirigía a un escenario de glaciación en el que en algunas zonas de Europa (Escandinavia) pasarían a estar cubiertos por los hielos árticos con espesores kilométricos. En Iberia en los próximos cien años el escenario climático sería de tipo taiga y tundra.

Estas simulaciones de escenarios climáticos futuros de Iberia se vieron modificadas con la información aportada por el análisis paleoclimático del registro de la cuenca de Guadix Baza donde, como ya se ha comentado anteriormente, se demuestra que la evolución climática *Milankovitch puro* de Iberia del pasado estaría reflejada en periodos pluviales e interpluviales que, respectivamente, coincidirían con fases frías y cálidas del clima, con ausencia de glaciario cuaternario.

El proyecto BIOCLIM de la Unión Europea dio un giro copernicano a las modelaciones y escenarios recreados a partir de la teoría, evidentemente cierta, de Milankovitch: puso sobre la mesa la influencia antrópica debida al CO<sub>2</sub> atmosférico de la Era Industrial, modelando tres escenarios de CO<sub>2</sub>



**Figura 5. Síntesis evolutiva del nivel del mar y de la concentración atmosférica del CO<sub>2</sub> en los tres escenarios: natural, con CO<sub>2</sub> y alto consumo de combustibles fósiles (modificado de BIOCLIM).** Figure 5. Evolutionary synthesis of sea level and atmospheric concentration of CO<sub>2</sub> in the three scenarios: natural, with CO<sub>2</sub> and high consumption of fossil fuels (modified from BIOCLIM).

(natural, moderado y elevado) que se refleja en la figura 5.

Es fácil deducir que la afección climática de tipo antrópico es, lisa y llana-

mente, irreversible y que la vuelta a condiciones naturales, forzamiento astronómico, tendría lugar en el transcurso de varios cientos de miles de años.

► on sediments, have made it possible to achieve a very good paleo-climatic reconstruction of this area of the Iberian Peninsula and its connection with the rest of Europe.

#### The Iberian climate over the last two million years

The climate in Iberia, at least in the southern half, was governed by climatic parameters very different from those defined for the Europe to the north of the Pyrenees:

—Obviously, the area was never affected by glacial processes. This is clearly indicated also by the persistence of warm climate faunas, which would have been unlikely to re-colonise this area of the peninsula.

—During the warmer periods the area would have been subjected to extremely arid conditions, although the lakes possibly never disappeared.

—Analysis of the climatic periodicity reveals that there was a cyclic phenomenon of great amplitude, of some 520,000 and 315,000 years, superimposed on others of a lesser order, 100,000, 40,000 and 17,000 years (figure 3). These repetitions are governed by astronomic forcing linked to changes in the eccentricity of the terrestrial orbit and the inclination and wander of the axis of rotation of the Earth. These changes in orbital geometry determine the fundamental oscillations in the amount of energy received by the Earth from the Sun and, when the most unfavourable conditions combine, there is a general cooling that culminates with the expansion of the polar ice caps, causing a lowering of sea level that has been estimated at one hundred metres. In Iberia, and especially in the southern half and possibly the northern plateau, the behaviour of the climate was *Mediterranean in nature*, with higher levels of humidity during the colder periods and increased aridness during warmer periods. This type of climate behaviour has been seen also in lacustrine registers from the Dead Sea in Israel.

Unfortunately, the sedimentary register of the Guadix Baza basin was interrupted somewhat more than 200,000 years ago when the minor Guadalquivir

opened up a passage through the hills forming its northern limit and the basin began to empty due to erosion. However, the study of the paleo-climatic register of the Padul peat bog – through the drilling of a borehole and the recovery of a continuous sample – was set up as a stand-by approach in case the study of the register of the Guadix Baza basin did not provide sufficient information. Quite clearly this was not the case (see figure 4).

It has been established that the Mediterranean region served as a *refuge* for plant species during the Quaternary. This would explain why the *Quercus* sp. typical of the Mediterranean climate disappeared only during highly specific and short periods and why, on the other hand, plant species lacking in the trans-Pyrenean European register for almost the last two million years survived over long periods.

#### Looking towards the future

The first models of the future evolution of the climate were developed under the premises that the behaviour of the climate in Iberia would be similar to that of central European areas and that climate forcing (governing factors) would be purely astronomic, based on the theories of Milankovitch. This meant that the climate was moving towards a glaciation scenario in which certain areas of Europe (Scandinavia) would be covered by arctic ice with a thickness of several kilometres. In Iberia, the climatic scenario in the next one hundred years would be of the taiga and tundra type.

These simulations of future climatic scenarios in Iberia were modified on the basis of the information provided by the paleo-climatic analysis of the registers of the Guadix Baza basin which, as has been commented on above, demonstrate that the *purely Milankovitch* evolution of the climate in Iberia in the past would be reflected in pluvial and inter-pluvial periods that would coincide respectively with cold and warm periods, with the absence of Quaternary glacial phenomena.

Se ha podido constatar que las respuestas al forzamiento de insolación parecen manifestarse más tempranamente en el hemisferio sur y los trópicos que en el hemisferio norte. La Antártida va a tener una influencia decisiva en la evolución futura del clima ya que controla la formación de salmuera salina: en periodos glaciares hay una marcada estratificación térmica y salina del agua del mar (fría y más salina debajo), mientras que en periodos interglaciares, como hoy día, las aguas profundas son frías pero bastante poco salinas, fenómeno agravado actualmente por la fusión acelerada del hielo antártico. Esto supone menor concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico en periodos fríos y mayor en periodos cálidos. Las burbujas de aire ocluidas en el hielo ártico del sondeo Vostok (GRIP) lo confirman plenamente.

El mar se ha considerado clásica y acertadamente como el gran sumidero de CO<sub>2</sub>. De hecho, el exceso actual de CO<sub>2</sub> atmosférico se reflejará en un cambio en las condiciones químicas del agua del mar y la biomasa marina será severamente afectada.

El proceso que se ha desencadenado es irreversible. Tendrá que transcurrir un periodo temporal geológico para acercarse de nuevo a las condiciones naturales. No obstante, cualquier medio para minimizarlo es básico, ya que se trata de una sucesión de numerosos procesos retroalimentados cuya velocidad, conforme se avanza en su conocimiento, resulta ser exponencialmente mayor de lo calculado. En definitiva, se ha de procurar un *aterrizaje suave* en la nueva situación y ello solamente se puede hacer siguiendo una receta elemental: concienciación social, cambios de hábitos, energías renovables y energía nuclear.

También deberían desarrollarse proyectos de investigación que permitan determinar si a nivel secular, decadal o anual se ha registrado la influencia antrópica desde el siglo XIX. La búsqueda de zonas de estudio que tengan registros naturales será nuestro próximo desafío. ■

#### BIBLIOGRAFÍA

— Goodess, C.M., Palutikof, J.P., Davies, T.D. (1988). *Studies of climatic effects relevant to site*

*selection and to assessments of the radiological impact of disposal at selected sites*. Nirex Safety Series, NNS/R137.

— Torres, T., Cobo, R., Canoira, L., García Cortés, A., Grün, R., Hoyos, M., Juliá, R., Llamas, J., Mansilla, H., Meyer, V., Quintero, I., Soler V., Valle, M., Coello, F.J., García-Alonso, P. (1995). *Aportaciones al conocimiento de la evolución paleoclimática y paleoambiental en la Península Ibérica durante los dos últimos millones de años, a partir del estudio de travertinos y espeleotemas*. Enresa, publicación técnica 03/96, Madrid, 118 pp.

— Torres, T., Ortiz, J.E., Alcalde, C., Badal, E., Castroviejo, R., Cobo, R., Chacón, E., Delgado A., Demoustier, A., Fernández-Gianotti, J., Figueiral, I., García-Amorena, I., García-Martínez, M.J., Llamas, J.F., Juliá, R.; Postigo, J.M., Rubiales, J.M., Reyes, E., Sopherd, T., Soler, V., Valle, M. (2003). *Evolución paleoambiental de la mitad sur de la Península Ibérica. Aplicación a la evaluación del comportamiento de los repositorios de residuos radiactivos*. Enresa, publicación técnica 4/03, Madrid, 173 pp.

— Valle, M., Rivas, M.R., Lucini, M., Ortiz, J.E., Torres, T. (2003). *Interpretación paleoecológica y paleoclimática del tramo superior de la turbera de Padul (Granada, España) a partir de datos palinológicos*. Pollen 13, 85-95.

The European Union BIOCLIM project meant a Copernican turnaround in the modelling and scenarios recreated on the basis of the evidently true Milankovitch theory: it placed on the table the influence of mankind as a result of the atmospheric CO<sub>2</sub> from the industrial era, modelling three CO<sub>2</sub> scenarios (natural moderate and high), which are reflected in figure 5.

It is easy to deduce that man-made climate effects are quite simply irreversible and that the return to normal conditions, of astronomic forcing, would take place only over periods of several hundreds of thousands of years.

It has been established that the responses to insolation forcing appear to be manifested earlier in the southern hemisphere and the tropics than in the northern hemisphere. The Antarctic will have a decisive influence on the future evolution of the climate since it controls the formation of saline brine: during glacial periods there is a marked thermal and saline stratification of seawater (colder and more saline below), while during inter-glacial periods, such as the present, the deeper waters are cold but with quite low levels of salinity, a phenomenon that is aggravated currently by the accelerated melting of the Antarctic ice. This means a lower concentration of atmospheric CO<sub>2</sub> during cold periods and higher concentrations during warmer periods. The bubbles of air occluded in the Arctic ice of the Vostok borehole (GRIP) fully confirm this.

The sea has long and accurately been known as the great CO<sub>2</sub> sink. In fact, the current excess of atmospheric CO<sub>2</sub> will lead to a change in the chemical conditions of seawater and the marine biomass will be severely affected.

The process that has been unleashed is irreversible. It will be necessary for a geological age to pass in order to come close again to natural conditions. Nevertheless, any means of minimising the process is of basic importance, since the phenomenon is a series of numerous intertwined processes that, as understanding of them increases, are seen to unfold at a speed that

is exponentially greater than that calculated. In short, the aim should be to achieve a *soft landing* in the new situation, and that will be possible only through an elementary approach based on social awareness, changing habits, renewable energy sources and nuclear power.

There should also be research projects making it possible to determine whether the influence of mankind has been registered since the 19<sup>th</sup> century, at century, decade or annual level. The search for study areas presenting natural registers will be our next challenge. ■

#### Bibliography

— Goodess, C.M., Palutikof, J.P., Davies, T.D. (1988). *Studies of climatic effects relevant to site selection and to assessments of the radiological impact of disposal at selected sites*. Nirex Safety Series, NNS/R137.

— Torres, T., Cobo, R., Canoira, L., García Cortés, A., Grün, R., Hoyos, M., Juliá, R., Llamas, J., Mansilla, H., Meyer, V., Quintero, I., Soler V., Valle, M., Coello, F.J., García-Alonso, P. (1995). *Aportaciones al conocimiento de la evolución paleoclimática y paleoambiental en la Península Ibérica durante los dos últimos millones de años, a partir del estudio de travertinos y espeleotemas*. Enresa, publicación técnica 03/96, Madrid, 118 pp.

— Torres, T., Ortiz, J.E., Alcalde, C., Badal, E., Castroviejo, R., Cobo, R., Chacón, E., Delgado A., Demoustier, A., Fernández-Gianotti, J., Figueiral, I., García-Amorena, I., García-Martínez, M.J., Llamas, J.F., Juliá, R.; Postigo, J.M., Rubiales, J.M., Reyes, E., Sopherd, T., Soler, V., Valle, M. (2003). *Evolución paleoambiental de la mitad sur de la Península Ibérica. Aplicación a la evaluación del comportamiento de los repositorios de residuos radiactivos*. Enresa, publicación técnica 4/03, Madrid, 173 pp.

— Valle, M., Rivas, M.R., Lucini, M., Ortiz, J.E., Torres, T. (2003). *Interpretación paleoecológica y paleoclimática del tramo superior de la turbera de Padul (Granada, España) a partir de datos palinológicos*. Pollen 13, 85-95.



JORGE FERNÁNDEZ

**Nos recibe en su estudio, campechano y vestido con ropa de faena. Su hija y María, su esposa, también están con él.** Esta mujer frágil y deliciosa, compañera inseparable de Antonio, abandonó la pintura para dedicarse por entero al hombre de su vida. Es una relación inquebrantable la que los une. En los ojos de Antonio revolotea una lucecilla y su voz deja entrever la rotundidad de lo que siente por María: “Confío en ella totalmente, es la persona en la que más confío del mundo”. Antonio nació en Tomelloso el día de Reyes de 1936 por la tarde. El destino parecía tener diseñada para él una vida que su tío Antonio López Torres, también pintor —“alguien

— Cuando le dieron el premio Velázquez de Artes Plásticas 2006, rememoró en su discurso los tiempos de sus 13 años, cuando su tío Antonio López Torres le alentaba, y le agradeció que con su apoyo le hubiese mostrado el camino del arte. ¿Su tío fue el forjador del genio que es usted hoy?

— Mi tío ha sido providencial en mi vida. En aquellas épocas y en un pueblo manchego, si no hay una persona que te

coja de la mano y te saque del camino que ya estaba preparado para ti, nada hubiese podido ser posible... De no haber sido por él, no sé lo que hubiese ocurrido. Mucha gente se pierde porque no encuentra una oportunidad, una oportunidad tan eficaz como la que me dio mi tío y que yo supe aprovechar bien.

— ¿Un creador de su talla tiene que enfrentarse a críticas que, en ocasiones, no

van dirigidas propiamente a su arte, sino que están motivadas por otras razones?

— Siempre vas a encontrar gente que te ataque, es algo que entra en la cesta, como también entra en la cesta lo contrario. Es algo con lo que hay que convivir.

— ¿Y ayuda tener seguridad en lo que se está haciendo?

— Es cuestión de tener amor a lo que

*Antonio López,  
artista plástico*

## “Siento la pintura exactamente como siento la vida”

providencial en mi vida”—, se encargó de pergeñar de nuevo para que el gran artista que sabía agazapado en su sobrino pudiese ir aflorando. Y un buen día, el niño Antonio de 13 años llegó a Madrid para ingresar en la Escuela de Bellas Artes. Le acompañaban sus padres y, por supuesto, su tío, dice Antonio, a quien lo que veía en la capital le fascinó desde el primer momento, porque “en aquel momento en Madrid ocurría algo que necesitaba experimentar. Sabía que tenía que hacer mi camino aquí, porque Madrid era el lugar que contenía todas esas cosas que para mí eran imprescindibles”. ■ **POR Karmen Garrido, PERIODISTA.**

se está haciendo. Tal vez no sea tanto una cuestión de seguridad, tal vez tampoco se tenga mucha, pero lo que sí hay que tener claro, y sin ninguna sombra de duda, es que lo que estás haciendo es lo que quieres hacer. Siempre va a pasar algo malo pero por eso no puedes dejar de meterte donde quieres meterte.

— *Empezó con el dibujo y más adelante descubrió la escultura...*

—Empecé con el dibujo, después vino la pintura y después la escultura. En dos años conocí esos tres lenguajes, que son tres lenguajes básicos; después han ido apareciendo muchos, pero en aquel momento, estaban esos tres.

— *¿Depende de su necesidad interior que elija expresarse en uno u otro lenguaje?*

— Cierta gente está marcada de una manera muy nítida por una de esas tres

formas de expresión y son absolutamente dibujantes, pintores o escultores, y no pueden, ni desean, hacer otra cosa. Y, en mi caso, puedo hacer las tres porque necesito todas para, tal vez, decir lo mismo que dice una persona con una de ellas. Es decir, no soy del todo un pintor, no soy del todo un escultor, y no soy del todo un dibujante. Para poder expresar la totalidad de lo que siento, en oca-

siones, me hace falta expresarlo desde el volumen, por ejemplo. Vermeer o Velázquez, que son absolutos pintores, no necesitaban la escultura para expresarse, con la pintura lo dicen todo. Es algo que también les ocurre a ciertos escultores que no sienten la necesidad de pintar. Pintores como Picasso, que pintan, dibujan, graban, esculpen, hacen poesía y no sé cuantas cosas más, es porque no se han situado en lo medular de ninguno de los lenguajes. Ni son un total pintor, ni un total escultor, ni un total dibujante, ni un total poeta. Algo que ocurre también con Leonardo que, por supuesto, es un gran artista.

— *¿La inspiración es caprichosa o es fruto del trabajo constante y de la disciplina?*

— Cuando conviertes en una profesión algo tan sumamente vaporoso e intangible como es el arte se aprende a manejar todo eso. Es como abrir un grifo para que salga el agua. Tal vez el agua que sale no sea buena, pero algo sale de ahí. Soy un profesional de la pintura o de las artes plásticas, está todo muy mezclado. Bien es verdad que si se produjese una temporada muy larga de sequedad, de dificultad, de ausencia de eso que te lleva de manera bonita a este trabajo, habría que dejarlo. Creo mucho en eso que se llama inspiración y que para mí es una manera fresca de mirar las cosas y de emocionarte con ellas. Es algo que no se gasta. Hay gente que suplente la inspiración con la rutina y eso ocurre en todas las profesiones. Hay otros en cambio que tienen que estar siempre renovados y diciendo algo por primera vez o teniendo esa sensación. Es una forma de conectar con la vida. Pero bueno, esto no son más que palabras y palabras...

— *Que se entienden muy bien...*

— Bueno, si tú conectas con la vida de una manera permanentemente viva y estás siempre cargándote... Porque para poder descargar es evidente tienes antes que haberte cargado. Si no te cargas de la vida acabas haciendo algo absolutamente rutinario y se puede pintar de una manera rutinaria, todo se puede ejercer de forma rutinaria. En el arte es maravillosa esa gente, como Goya, que notas que siempre ha esta-

do viva; algo que ocurre, pero no siempre. La inspiración es una generosidad de espíritu que hace que no temas a la vida, que estés siempre dispuesto a dialogar con las cosas, pase lo que pase. De ahí sale todo.

— *He leído con sorpresa que usted afirma no haber decidido en su vida y que siempre ha sido obediente. La verdad, me resulta difícil de creer que alguien pueda llevarle donde no quiere ir.*

— Me gusta obedecer, sí, y con eso quiero decir que no soy chinchorrero. Hay gente a quien le dices que se vaya por la izquierda y se va por la derecha, y que ve la papelera y tira el papel fuera de ella. Yo no tengo afición a la desobediencia. Me gusta obedecer, me gusta no vulnerar las normas, aunque también es verdad que si me veo obligado, lo hago.

— *Pero usted ha decidido en su vida todo o casi todo lo que ha hecho, ¿o no?*

— Creo que una vida se puede vivir de muchas maneras. Una persona con un poco de inteligencia tiene que tener capacidad de reacción y saber rectificar cuando sea necesario. Hay tener cuidado con las ideas, porque a veces están bien y otras no tan bien. Esto vale también para el arte. Una cosa son los ideales y otra los dogmas. Yo soy muy poco dogmático. En ese sentido, tengo un tipo de obediencia, o de desobediencia, especial, como mucha gente supongo.

— *Usted ha manifestado que entró en la pintura como en un jardín, y que ese jardín se fue convirtiendo en "un bosque prodigioso y arriesgado". ¿Es así como siente la pintura?*

— Sí, sí, claro. Siento la pintura exactamente como siento la vida. Si tuviese que describir la vida, la describiría de una manera parecida. La vida me parece algo hermoso, todas las criaturas, también las vegetales y las animales, hemos nacido para la vida y encontramos en la vida todas las satisfacciones. Pero también todos los peligros. Y el arte es un camino muy paralelo a la vida. Todo lo que pueda ocurrir en la vida, de bueno y de malo, puede ocurrir en el arte. Es así como yo lo siento.

— *¿Se siente poseído por la pintura?*



— *¿Me siento poseído?, ¿me siento poseído? [se pregunta en voz alta, mientras reflexiona] ¡Pues creo que no me siento poseído por la pintura! ¡Hasta ahí no llego! Tengo muy buena relación con la pintura, me gusta ejercerla. Tengo la impresión de que es útil para un grupo de personas que me lo demuestran y me parece estupendo. Estoy muy contento de haberle dedicado toda mi vida a la pintura. Ahora, poseído por la pintura, no. Creo que no estoy poseído por nada.*

— *María Moreno, su compañera del alma, es también pintora. ¿Le aconseja? ¿Es la suya una crítica objetiva o pueden más el amor y la admiración por usted?*

— No me aconseja exactamente. Diría que no son consejos, pero habla-



mos mucho. La nuestra es una relación muy profunda. Confío en ella totalmente, es la persona en la que más confío del mundo, aunque se equivoque. En general, ella es una persona muy digna de confianza.

— *¿Cómo va el cuadro de la Familia Real?*

— Va bien. Me he comprometido a entregarlo pronto, aunque el compromiso profundo es entregar un cuadro que merezca la pena.

— *Ya están instaladas en la estación de Atocha las cabezas de su nieta dormida y despierta, 'La Noche', en la que tiene los ojos cerrados, y 'El Día', en la que los tiene abiertos. ¿Se siente a gusto con el lugar donde han sido colocadas?*

— La estación de Atocha tiene un enorme significado para mí. Es mi estación, la estación de entrada a Madrid. Y las cabezas están en el lugar perfecto. Es como un templo para mí, ahí entra una forma de lo religioso.

*En el suelo, frente a nosotros, veo una cabecita de su nieta dormida con un gesto adorable y, en la pared, justo detrás de Antonio, una foto de la bebé, cuyo parecido con el abuelo es muy evidente. Cuando se lo digo, Antonio responde sorprendido, "¿Ah, sí?" Se gira para mirarla y, al cabo de unos segundos de reflexión, pregunta o más bien se pregunta: "¿Qué parte es el abuelito? ¿La cuarta parte?, no sé... ¿Quieres ver cómo era yo de pequeñito?", pregunta de pronto. "¡Por supuesto!", respon-*

*do, y se va en busca de la foto, una foto en blanco y negro de Antonio López bebé. Me ratifico, el parecido entre nieta y abuelo es evidente, y Antonio sonríe como un colegial, mientras explica: "Nací el 6 de enero de 1936 por la tarde". Mira el dorso de la fotografía. Por detrás está escrito seis meses, así que está hecha en junio y un mes después estallaba la guerra... Bueno, sigamos...*

— *Hablemos de su etapa de profesor. ¿Recuerda a su discípulo Mariano Villegas?*

— ¡Ah, sí! Fui profesor en la Escuela de Bellas Artes y he seguido viendo a alguno de mis alumnos. Mariano es uno de mis alumnos cercanos, sí. También hay otros alumnos que no me conocen personalmente porque están en otro lugar pero que, a través de mi trabajo, me



sienten como su maestro. Esto es algo que también me ha ocurrido a mí, que he tenido maestros que ni siquiera eran de mi tiempo. Y es que hay muchas formas de enseñar y de influir en los demás. Hay personas que leen a Delibes o a Cervantes y para ellas supone una inspiración. Ésta puede ser también una forma de enseñanza o de aprendizaje enorme. Mira qué cosas tengo —me dice mientras señala la pared cubierta con pinturas de gran belleza—. Mira, esta es una pintura de Pompeya de Piero della Francesca, un hombre que vivió en el 1400 en Arezzo, en Italia. Es una pintura que se hizo hace más de quinientos años y que miro con frecuencia. No

la tengo para aprender, sino porque me causa muchísimo placer, aunque indudablemente me enseña. Nos sirve de aliento todo lo anterior a nosotros y estamos nutriéndonos siempre de ello. La historia del cine, por ejemplo, es más corta, pero también se nutre de otras cosas. Detrás de un hombre como Dreyer se nota que está Rembrandt. Por eso, muchas veces, lo de menos es el maestro concreto. Yo he tenido mucha suerte con mi tío, pero no siempre se tiene cerca una persona que poder nombrar. Muchos se han formado de una manera menos personal. Lo cierto es que alguien nos tiene que enseñar. Alguien enseñó a Lorca a ser lo que fue, alguien

enseñó a Miguel Hernández y a Unamuno... Y esto es algo que sirve para el bueno y para el malo, porque el malo también recibe sus enseñanzas, pero las elige mal, porque elige malos maestros.

— *O sea que... ¿cuando el alumno está preparado el maestro aparece?*

— Eso es. Se fecunda cuando se puede. La mujer sólo puede ser fecundada cuando ha madurado, por ejemplo, pero todo es así. Si ves a Velázquez antes de tiempo no te sirve de nada, porque lo tienes delante pero no ves a Velázquez. Esa fecundación ocurre cuando estás listo para ella, cuando estás maduro.

— *Cuando no está enfrascado en su trabajo, ¿cocina, oye música, escribe, baila, lee...?*

— Mi trabajo me lleva mucho tiempo pero soy un enorme contemplador o gustador del arte en general. La música, la literatura, el cine, la arquitectura, la danza, me parecen todas maravillosas. En eso soy muy completo porque entiendo que cada una expresa algo que las otras no expresan. ¡Fíjate, por ejemplo, a través del movimiento y del ritmo, todas las cosas que se pueden contar! El hombre ha inventado muy bien sus lenguajes para manifestar los sentimientos. Y yo soy realmente muy sensible pero no los he cultivado a fondo, lo he hecho ligado a mi trabajo, en los ratos en que podía hacerlo, pero no lo he ejercitado. No sé bailar, no sé escribir poemas... Mi forma de trabajar es la del artista tradicional, del pintor o del escultor. Es la forma del siglo XIX hacia atrás, es una forma de trabajo que requiere mucha manualidad, muchísimo tiempo, tiempo físico. Y en la escultura, no digamos, es algo tremendo. Luego la obra te gusta o no, tiene altura o no la tiene pero, de momento, hacerla lleva muchísimo tiempo, y una persona que trabaja así, está muy ocupada. El trabajo del pintor es muy solitario, pero no es un trabajo tenso porque sólo está en juego su propio tiempo. En la pintura se puede hacer lo que se quiera. Un caso como del Van Gogh, que pintó un montón de cuadros sin tener dinero, es algo que sólo se puede hacer en la pintura. ■

¿Quién le ayuda a mantener el flujo de la **energía eléctrica**?



## Los expertos de AREVA T&D, sus socios reconocidos...

Desde hace más de 100 años, diseñamos soluciones a la medida para suministrar energía.

Nuestra experiencia en transmisión y distribución de electricidad es la base del desarrollo industrial y garantiza a millones de personas en el mundo entero un suministro seguro y fiable.

AREVA T&D le provee experiencia y conocimiento en productos, sistemas y servicios innovadores : adaptados a las necesidades del cliente, dentro de los tiempos de entrega solicitados y con los más altos estándares de calidad. [www.aveva.com](http://www.aveva.com)

[www.aveva-td.com/contactcentre/](http://www.aveva-td.com/contactcentre/)



**A**  
**AREVA**



*Jarabugo*



*Calandinos*

0 1 2 3 4 5 cm



*El Atlas de los Peces Continentales de Andalucía revela la delicada situación de estos animales*

# Los habitantes del agua

CUANDO SE HABLA DE LA RIQUEZA faunística de Andalucía la imagen que se proyecta al gran público suele estar dominada, como lamentan algunos conservacionistas, por los “animales de pelo o pluma”. Mamíferos y aves concentran no sólo la atención de los ciudadanos sino, incluso, la de los propios especialistas, ya que abundan los trabajos de investigación centrados en estos dos grupos mientras que, por ejemplo, escasean aquellos referidos a los insectos o a los peces.

Contra este olvido viene batallando desde hace tiempo Carlos Fernández Delgado, responsable del grupo de investigación *Aphanius*, integrado en el Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias de Córdoba. Su actividad se ha centrado en los peces de aguas continentales, desarrollando, por ejemplo, los principales estudios en relación con el fartet, una de las especies autóctonas más amenazadas de la que, incluso, llegó a describir una variedad exclusiva de aguas andaluzas: el fartet atlántico o salinete.

En opinión de Fernández Delgado, “el medio acuático andaluz, al igual que el del resto de las comunidades autónomas españolas, está sometido a un intenso manejo por parte del hombre, proceso que ha dado lugar a profundas y graves alteraciones que afectan, sobre todo, a los organismos que habitan estas aguas”. La lista de problemas es extensa, y en ella se incluyen la contaminación, ya sea por vertidos directos o por aguas de escorrentía que contienen diferentes sustancias tóxicas; las extracciones de agua que se realizan directa-



*Colmilleja grávida vs normal*

*Pardilla grávida vs normal*

**En sintonía con la rica biodiversidad que se anota en otras muchas parcelas del reino animal,** Andalucía reúne un buen número de peces autóctonos en sus aguas continentales, de los que, sin embargo, apenas se tiene información detallada. Más del 80% de estas especies se encuentran sometidas a algún grado de amenaza. Para cubrir este vacío de conocimiento, y así mejorar la conservación de estos animales, la Universidad de Córdoba, por encargo de la Consejería Medio Ambiente, ha comenzado a trabajar en el Atlas de los Peces Continentales de la región.

■ **TEXTO** José María Montero, PERIODISTA AMBIENTAL ■ **FOTOGRAFÍA** Carlos Fernández-Delgado

mente de los ríos y arroyos, o mediante derivaciones y trasvases; las modificaciones de los cauces, debidas a la construcción de embalses y represas, la ejecución de diferentes obras hidráulicas o el aprovechamiento de áridos; la pérdida de la cobertura vegetal que antaño cubría las márgenes, o la colmatación de las cuencas debido, precisamente, a la deforestación.

El juicio de este biólogo no difiere de los datos que maneja la propia Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, ya que, en 2003, cuan-

do este organismo hizo público el Plan Director de Riberas, la situación que dibujaba el citado documento era ciertamente preocupante. Después de examinar más de 24.000 kilómetros de la red hidrográfica andaluza, las riberas asociadas a estos cauces sólo presentaban un estado natural, es decir, no mostraban alteración alguna, en el 17% de los casos (4.119 kilómetros).

La presión pesquera también inquieta en algunos casos e, incluso, la acción de coleccionistas puede hipotecar la supervivencia de algunas especies

particularmente vulnerables. El fartet, por ejemplo, es un pez que, desgraciadamente, no pasa desapercibido para los pescadores y aficionados a los acuarios. Su colorido y comportamiento sexual, con variadas pautas de cortejo, lo convierten en un ejemplar atractivo para los acuarófilos. Aún cuando no exista un comercio ilegal propiamente dicho, sí es frecuente que se capture para intercambiarlo con otros aficionados a la cría de peces. Y una de las vías para exportar ejemplares es sorprendentemente fácil: se espera a que

## Una 'isla' de biodiversidad

En el *Libro Rojo de los Vertebrados de España*, publicado en 1992, los especialistas convocados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación catalogaron un total de 68 especies, más dos subespecies, de peces de aguas continentales. De ellas, una se consideró extinguida (lamprea de río), seis aparecen reseñadas "en peligro" (fartet, samaruc, cavilat, fraile, esturión y jarabugo), y doce se incluyen en la categoría de "vulnerables" (espinoso, colmilleja, lamprehuela, bagre, barbo de montaña, barbo comizo, trucha, salmón, anguila, saboga, sábalo y lamprea marina).

Como señalan los autores de este inventario, "la Península Ibérica es, en sí misma, una isla biogeográfica cuyas cuencas fluviales se han mantenido separadas de los continentes europeo y africano desde tiempos remotos". Esta circunstancia explica que el número total de especies piscícolas continentales sea notablemente bajo, limitándose a veintiocho especies estrictamente dulceacuícolas. La

mayoría (19) son especies endémicas de la Península, y la mayor parte de ellas se distribuyen por una o muy pocas cuencas fluviales limítrofes.

Algunos ejemplos ponen de manifiesto la fragilidad de esta *isla* de biodiversidad, y cómo algunas de las alteraciones que se han ido introduciendo en los cauces pueden originar auténticas catástrofes. La anguila (*Anguilla anguilla*) es una especie que, en sus migraciones, cuyo origen se encuentra en el mar de los Sargazos (a más de 5.000 kilómetros de distancia), coloniza hasta las mismas fuentes de todos los ríos ibéricos. Hasta hace no más de cincuenta años era una de las especies más abundantes y ampliamente distribuidas de nuestros peces continentales. En general, ocupaba todas las cuencas fluviales en ambas vertientes, atlántica y mediterránea, que cubren en la Península más de 600.000 kilómetros cuadrados. Pues bien, resume el *Libro Rojo de los Vertebrados de España*, "la construcción de presas que bloquean sus migraciones ha reducido tan drásticamente su área de distribución, que actualmente se



La pesca eléctrica es el método utilizado en los muestreos que se están llevando a cabo. Los ejemplares quedan electronarcotizados y pueden ser capturados fácilmente, medidos, examinados y liberados de nuevo sin daño alguno.

desove entre la vegetación acuática y ésta se introduce, sin mayores precauciones, en una carta que se remite a cualquier destino. Si no transcurre demasiado tiempo, los huevos eclosionan una vez que se colocan nuevamente en agua.

Otra especie codiciada por los acuarófilos, señala Fernández Delgado, es el espinoso, que se caracteriza por cons-

truir nidos en los que desova. Localizado en el arroyo de La Rocina (Espacio Natural de Doñana) hasta mediados de los años setenta, todos los datos indican que ha terminado desapareciendo de este espacio protegido.

En resumen, concluye Fernández Delgado, "se está produciendo una destrucción, fragmentación y/o degradación de las aguas continentales, y los

peces son los componentes más importantes y visibles de este medio, por lo que es imprescindible actuar a favor de su conservación ya que protegiendo a este grupo de vertebrados también estamos protegiendo al resto de organismos que conviven con ellos". De esta manera, los problemas a los que se enfrenta este grupo animal son numerosos, con la circunstancia agravante de

limita exclusivamente a las zonas más bajas de los pocos ríos no contaminados peninsulares, limitando de hecho su distribución a no más de 50.000 kilómetros cuadrados. Es decir, se ha extinguido en unos 550.000 kilómetros cuadrados de la Península”.

Las conclusiones de los especialistas que redactaron este inventario son poco esperanzadoras. “Creemos”, señalan, “que es sincero aseverar que en los últimos treinta años se ha producido un rápido y lamentable deterioro y empobrecimiento —en innumerables ocasiones hasta la depauperación absoluta— de la ya natural pobre diversidad de especies de peces continentales de España”. “Si esta situación se mantiene”, advierten, “es más que probable que nuestros más próximos descendientes no lleguen a ver ni los peces ni las especies que conocieron, vieron y pescaron celtas, iberos, romanos, visigodos, árabes y todas cuantas civilizaciones y culturas se han asentado, crecido y desarrollado en las orillas de los ríos que cruzan la Península Ibérica”. ■



**La gambusia, otra especie exótica procedente de Norteamérica, se introdujo en nuestras aguas a principios del siglo pasado para combatir el paludismo. Hoy en día habita la mayoría de nuestros cursos fluviales, en los que se reproduce sin ningún problema, como lo demuestra esta hembra grávida.**



**La trucha arco iris, especie procedente de Norteamérica, ha sido profusamente introducida en nuestros ríos para disfrute de la pesca deportiva.**

que escasean los estudios que se han realizado sobre el mismo. Por este motivo, no abundan los datos fiables a propósito de la distribución o el estado de conservación de aquellas especies autóctonas más valiosas. “Apenas”, precisa Fernández Delgado, “se han llevado a cabo muestreos puntuales, repartidos de forma irregular a lo largo de los últimos diez años”.

gido en el *Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía*. De un total de veinte especies catalogadas, una se encuentra extinguida (el espinoso), cinco se señalan en “peligro crítico” (el esturión, la bogardilla, el fartet, el salinete y el fraile), otras cinco en “peligro” (la lamprea marina, el sáballo, la saboga, la trucha común y el jarabugo) y siete más se consideran “vulnerables” (el barbo comizo, el

barbo cabecicorto, la boga, la colmilleja, el cacho, el calandino y la pardilla).

Tratando de remediar este vacío de conocimiento para poder así neutralizar las amenazas que sufren estos animales, la Consejería de Medio Ambiente ha decidido firmar un convenio de colaboración con la Universidad de Córdoba, de manera que el grupo de investigación Aphanis, con Carlos Fernández a la cabeza, pueda embarcarse en la elaboración del primer *Atlas de los Peces Continentales de Andalucía*. El objetivo final es disponer de una detallada cartografía en donde quede registrada la situación de todas las especies de peces autóctonos sobre cuadrículas de 10 x 10 kilómetros, en cada una de las cuales se realizarán, al menos, tres muestreos, a los que se unirán más de 1.100 muestreos en el cauce principal del Guadalquivir.

La ejecución del proyecto, con un presupuesto de 230.000 euros, está distribuida en varias fases. La primera de ellas consiste en cartografiar la ictiofauna continental andaluza en los tramos fluviales no sujetos a las mareas. A continuación se determinará la distri-

## Invasión oculta

La principal amenaza a la que se enfrentan los peces autóctonos de aguas continentales es aquella derivada del progresivo aislamiento de sus poblaciones, al haber sucumbido un buen número de enclaves en donde podían desarrollarse. Este proceso conduce a una pérdida de variabilidad genética, los individuos son cada vez más parecidos y esto disminuye su capacidad adaptativa, de manera que terminan siendo muy vulnerables a cualquier alteración inesperada, como una enfermedad o un cambio en las condiciones ambientales.

La reproducción de estos animales también se ve hipotecada por la desaparición de aquellos puntos que, en

los diferentes cauces, reunían las condiciones más adecuadas para el desove (frezaderos), o bien aparecen obstáculos artificiales, como presas o encauzamientos, que impiden a los peces alcanzar estos enclaves. Así ocurrió con el esturión en el Guadalquivir cuando se construyó la presa de Alcalá del Río (Sevilla).

El régimen hidrológico natural de nuestros ríos, explica Carlos Fernández, “ha cambiado para adaptarse a las necesidades agrícolas, de manera que ahora llevan su máximo caudal en verano y el mínimo en otoño y primavera”. Esta modificación, inducida por el hombre, afecta a las especies autóctonas y beneficia a las exóticas, que compiten con las primeras.

Precisamente la introducción en aguas andaluzas de especies foráneas es una de las más graves amenazas, aunque permanezca oculta. Lucio, carpa, carpín, black-bass, siluro, gambusia o fúndulus, eran peces desconocidos en nuestro país que hoy compiten, de manera muy agresiva, con especies ibéricas amenazadas, como el fartet o el samaruc.

En Andalucía se da ya por extinguido al espinoso, un pez de pequeño tamaño que habitaba en lagunas litorales y estuarios como el del Guadalquivir, y se mantienen remotas esperanzas de que no se encuentre ya en esta misma circunstancia el esturión. ■



Aún quedan tramos en Andalucía de gran calidad biológica como éste del río Cuzna en Pozoblanco (Córdoba).



Barbos en una zona de desove del río Cabrillas (Almodóvar, Córdoba).

bución y evolución de las especies autóctonas y de las invasoras. Con toda esta información será posible identificar aquellos tramos fluviales de especial importancia para la conservación de la ictiofauna autóctona y proponer, en cada caso, planes de conservación que podrían incluir tareas de restauración del propio cauce. Asimismo, precisa Fernández Delgado, “la información que recopilamos servirá para revisar las fichas de peces que figuran en el *Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía*, y también nos ayudará a determinar la evolución, y distribución, de las especies invasoras, que están causando graves daños a nuestras especies autóctonas, de manera que se mejoren los mecanismos de control y erradicación de las mismas”. ■

# ENSA

Equipos Nucleares, S.A.

**Futuro  
Tecnología  
HOY**

FABRICACIÓN  
INSTALACIÓN Y SERVICIO  
DE COMPONENTES NUCLEARES

## Servicio

Sistemas Robotizados  
Desarrollados por ENSA



## Instalación

Instalación de Generadores  
de Vapor en Plantas Nucleares



## Investigación y Desarrollo

'ESTEVEZ'  
(Esteroscopio con autofoco y  
zoom). Sistema de Visión 3D con  
zoom para operaciones remotas  
en ambientes hostiles  
(Diseño ENSA)



## Fabricación

Fabricación de Generadores  
de Vapor y Reactores de Presión  
para plantas Nucleares



**ENSA**  
Equipos Nucleares, S.A.



Clases 1, 2 and 3

Oficinas Generales: C/ Ortega y Gasset 20,5º Tel.: (34) 91 555 36 17 Fax: (34) 91 556 31 49 • 28006 Madrid ESPAÑA  
Fábrica: Avda. de Juan Carlos I, 8. Tel.: (34) 942 20 01 01 Fax: (34) 942 20 01 48 • 39600 Maliaño, Cantabria ESPAÑA

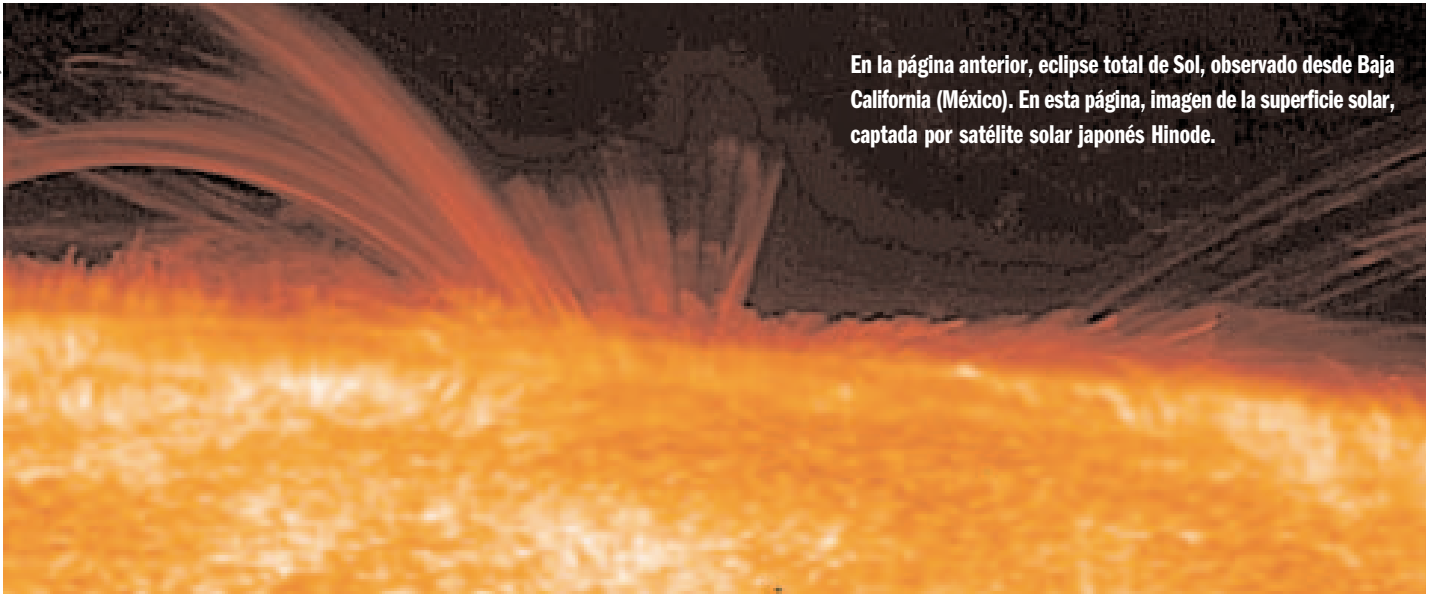


*Los físicos solares investigan qué ocurre  
en la estrella de nuestro sistema  
durante sus periodos de actividad  
mínima, como ahora*

# ¿UN APAGÓN DEL SOL?

**Está a 150 millones de kilómetros de distancia, pero juega un papel clave en nuestra vida. Es más, en cierto sentido se la debemos.** La vida en la Tierra se edifica sobre el chorro de energía que el planeta recibe constantemente de él, de nuestra estrella, del Sol. Se diría que, dada su importancia, deberíamos tenerlo ya muy bien estudiado. Pero nada más lejos de la realidad. Un mínimo en la actividad solar más extenso de lo que se pensaba en un primer momento delata que la capacidad de predecir el comportamiento de nuestra estrella es aún limitada.

■ POR **Mónica Salomone**, PERIODISTA CIENTÍFICA.



En la página anterior, eclipse total de Sol, observado desde Baja California (México). En esta página, imagen de la superficie solar, captada por satélite solar japonés Hinode.

**A**PESAR DE QUE SON CADA VEZ más los telescopios y satélites espaciales que no le quitan ojo de encima, el Sol sigue dejando perplejos a los astrónomos. Ahora, por ejemplo, pasa por un periodo de mínima actividad que dura ya casi dos años. ¿Un apagón? ¿Se agota el Sol? Calma: el mínimo es normal. La actividad del Sol es cíclica. Pero los astrónomos no saben aún cuándo terminará, ni cómo afecta a la Tierra como planeta.

“El Sol es muy complejo, es cambiante. Cambia día a día, mes a mes. Y uno de los problemas más difíciles a los que nos enfrentamos es tratar de comprender su ciclo de actividad”, dice Pere L. Pallé, físico solar del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), en Tenerife. Precisamente por esa complejidad, a este investigador no le ha parecido extraño que las agencias espaciales estadounidenses (NASA) y europea (ESA) hayan tenido que desdecirse, hace unos meses, de su propio anuncio sobre el comienzo de un nuevo ciclo solar.

Ocurrió a principios de este año. El Sol ha transcurrido la última docena de años en lo que los expertos clasifican como “Ciclo 23” de actividad. Un ciclo del Sol dura alrededor de 11 años; hacia la mitad del ciclo la actividad es máxima, para luego ir decreciendo hasta *tocar fondo* al final. Es entonces cuando comienza un ciclo nuevo. El máximo

del Ciclo 23 se alcanzó en 2001; el mínimo es ahora, y viene durando ya desde febrero de 2006. El caso es que a principios de este año los investigadores creyeron ver indicios de la llegada de un nuevo ciclo, el 24, y las agencias espaciales así lo anunciaron. Cabía esperar, según explicó entonces Douglas Biesecker, del Centro de Predicción de Meteorología Espacial de la Agencia del Océano y la Atmósfera estadounidense (NOAA), “que el número de tormentas solares aumentara gradualmente durante los próximos años”. Pero llegó el contra-anuncio: “Apenas tres meses después de que alertáramos del comienzo de un nuevo ciclo solar, el viejo ciclo ha regresado; de hecho, nunca se fue”, afirmaban la NASA y la ESA.

### **Materia transformada en materia y energía**

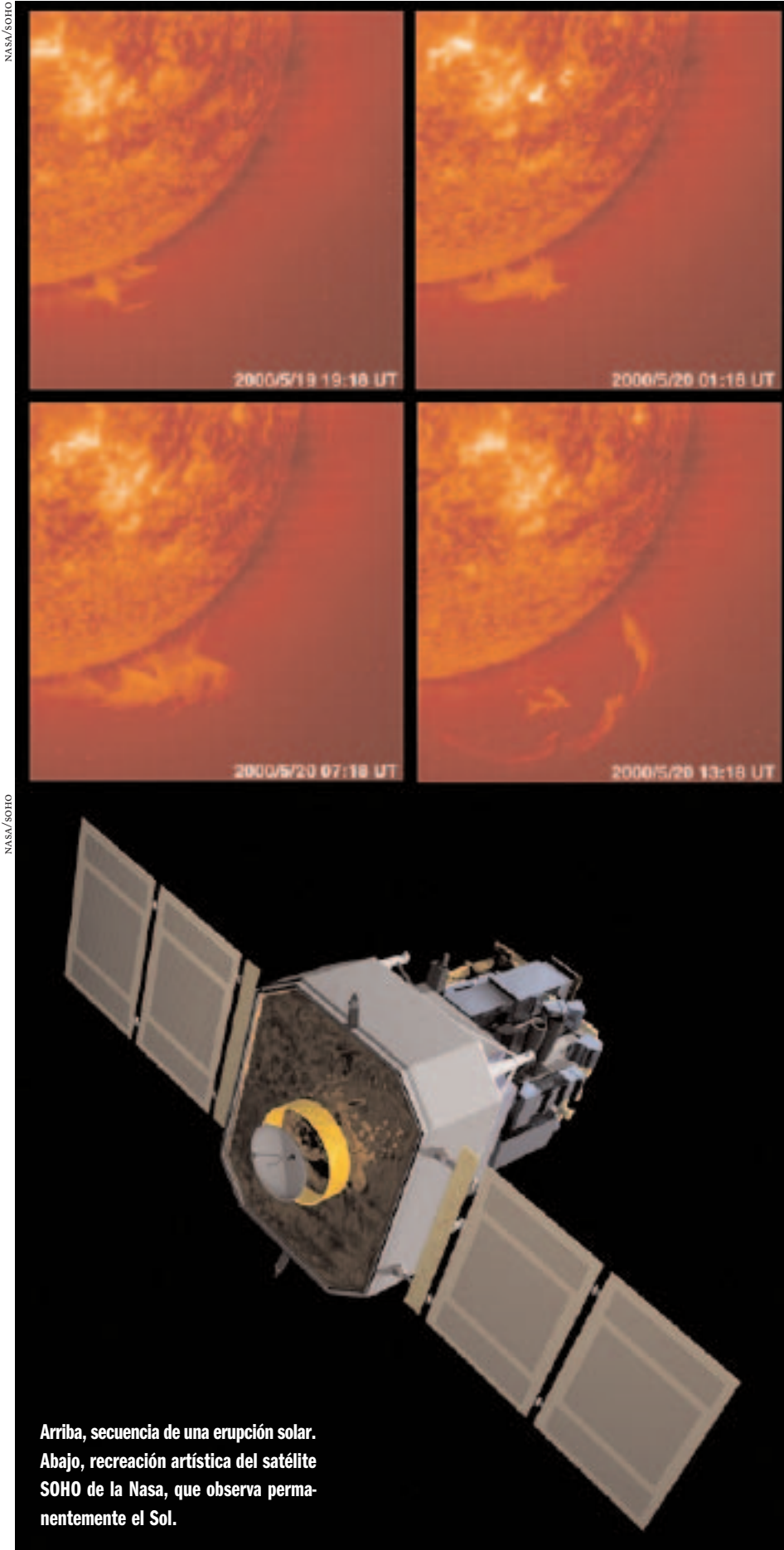
En realidad no hay error alguno, sino desconocimiento sobre cómo funciona nuestra estrella. Simplemente, los científicos no saben aún lo bastante como para predecir el comportamiento del Sol.

Repasemos lo básico. El Sol es una bola de un millón y medio de kilómetros de diámetro que en su centro está a quince millones de grados. Las reacciones termonucleares en marcha en su núcleo hacen que, cada segundo, unos 700 millones de toneladas de hidrógeno se conviertan en 695 millones de toneladas de helio, y en energía; la energía que hace

brillar a la estrella, y la que nos calienta. Esa energía que nace en el corazón del astro debe viajar a su superficie y luego salir al espacio, y en el proceso desencadena toda una serie de fenómenos que hacen del Sol un sistema en permanente cambio, como afirmaba Pallé.

Una de las características más cambiantes, y fáciles de apreciar por los investigadores, es el número de manchas solares. Las manchas son regiones de decenas de miles de kilómetros de diámetro en la superficie del Sol donde el campo magnético es más intenso, y que se ven oscuras porque en ellas la temperatura es menor en relación al resto de la superficie. En lugar de los 5.500 grados a que está la superficie del Sol, las manchas están a *sólo* 3.500 grados.

Otro signo claro del variable carácter de nuestra estrella son las tormentas solares. En realidad *tormenta solar* es un término amplio que engloba varios fenómenos. Están las erupciones solares, visibles como un intenso aumento de brillo de una región en la superficie del Sol y que hoy se sabe que son potentísimas explosiones provocadas por la liberación rápida, en minutos, de energía magnética acumulada. A menudo las explosiones van acompañadas de eyecciones de masa coronal, grandes cantidades de material expulsado de la *corona* del Sol —la capa superior de la atmósfera solar—. El material eyectado es un plasma formado sobre



Arriba, secuencia de una erupción solar.  
Abajo, recreación artística del satélite SOHO de la Nasa, que observa permanentemente el Sol.

todo por partículas cargadas (electrones y protones).

Manchas y tormentas solares están relacionadas, y por supuesto tienen que ver con el hecho de que la actividad solar siga un ciclo. Las tormentas solares se dan en las regiones con manchas solares, y el número de manchas solares varía drásticamente en función del momento del ciclo en que esté el Sol. De hecho, técnicamente es el número de manchas solares lo que determina el grado de actividad del Sol. Las agencias espaciales anunciaron —prematuramente— la llegada del Ciclo 24 porque se había detectado una mancha con características propias de un ciclo nuevo; y fue la aparición ocasional, otra vez, de manchas atribuibles al ciclo anterior lo que hizo ver que el Ciclo 23 aún estaba en marcha.

#### Sin manchas a la vista

A fecha de 15 de septiembre, la NOAA informa en su página de que el Sol tiene cero manchas. También tenía cero manchas el día anterior, y el anterior, y el anterior... La cara del Sol está prácticamente limpia, o, como dicen algunos expertos, “desnuda”, desde hace casi dos años.

Pallé insiste en que es “totalmente normal”, pero para algunos el mínimo está durando un poco más de lo previsto inicialmente. Según algunas predicciones, el nuevo ciclo debería haber empezado ya en otoño de 2006. Y a principios del pasado verano, en una reunión internacional de físicos solares celebrada en Montana (EE.UU.), uno de los científicos responsables del satélite solar japonés Hinode, reconoció que el hecho de que el Sol siguiera inactivo le producía “una pequeña preocupación”.

No obstante, la preocupación no debería referirse a un funcionamiento *incorrecto* del Sol, sino a la falta de capacidad que aún tienen los físicos solares para entenderlo y predecirlo. Otra prueba de ello es que no hay acuerdo en cuanto a cómo será el Ciclo 24. Expertos de diferentes organismos se reunieron hace ya más de un año bajo el auspicio de la NASA y el Centro de Ambiente Espacial (SEC, en sus siglas en inglés), del NOAA, para emitir sus

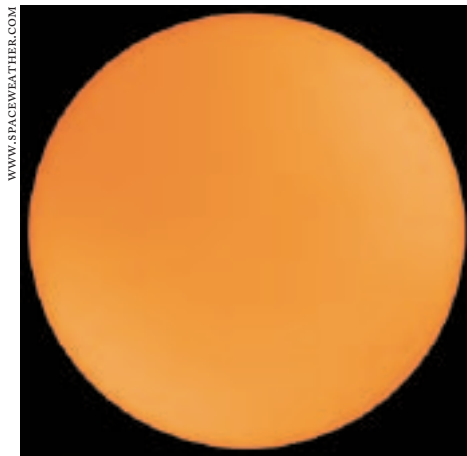
predicciones, que actualizaron el pasado junio. En general coinciden en que el mínimo de actividad solar se ha superado ya, en concreto en marzo de este año. Pero mientras unos prevén un ciclo moderado, de unas 140 manchas, que alcance el máximo de actividad en octubre de 2011, otros expertos piensan en un ciclo suave de unas 90 manchas, con su máximo en agosto de 2012. El número medio de manchas en un ciclo oscila entre las 75 y las 155.

A pesar de que no es la primera vez que los físicos solares se aventuran a hacer predicciones sobre el ciclo solar, ellos mismos admiten que su disciplina está aún en los comienzos. “Al emitir predicciones a largo plazo estamos abriendo un campo que está aún en su infancia”, comentó cuando se publicaron las predicciones David L. Johnson, del Servicio Nacional Meteorológico del NOAA. “Las predicciones con tanta antelación están en la frontera de lo que sabemos acerca del Sol”.

## Pasado mañana, tormenta solar

¿Por qué son tan importantes las predicciones? En realidad, el SEC y su homólogo internacional el ISES (International Space Environment Service), con once centros regionales en todo el mundo, ya emiten predicciones sobre el comportamiento del Sol. Pero son predicciones a muy corto plazo: los satélites que observan permanentemente el Sol, como el SOHO, de la NASA y la ESA, detectan una mancha solar y los físicos pueden estimar cómo evolucionará y si dará lugar a una tormenta. Eso ya es muy útil, porque las tormentas solares generan potentes chorros de radiación que pueden golpear a la Tierra entre 24 y 36 horas más tarde, con consecuencias importantes: desde daños irreparables a los satélites hasta grandes apagones en la red eléctrica. Identificar con antelación los precursores de una tormenta solar permite enviar alertas rápidas con tiempo para tomar medidas preventivas.

Pero las predicciones a largo plazo se siguen resistiendo, y una de las razones es que aún no se dominan los entresijos del ciclo solar. “La investigación del ciclo



El Sol en octubre de 2008, sin manchas solares.



Telescopio Solar Sueco (SST), situado en el observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

solar es una de las áreas más arduas de la física solar”, explica Pallé. El motivo es que no se puede bucear dentro del Sol: los investigadores deben contentarse con obtener información, por diversas técnicas, de lo que ocurre en la capa superior del astro. “Y la física que describe lo que pasa en esa capa aún no se entiende bien”, prosigue Pallé.

Es una capa llena de turbulencias, donde la materia, empujada por la energía que, procedente del núcleo, pugna por salir, se mueve de modo parecido a un líquido cuando hierve: el material más caliente asciende, se enfría y desciende de nuevo. Los investigadores creen que es

precisamente ese sube y baja de material cargado eléctricamente lo que genera el campo magnético solar. Es un mecanismo llamado “efecto dinamo”, por su parecido con las dinamos de los motores de los coches.

¿Cómo avanzar más? Con más y mejores observaciones, por supuesto. Los físicos solares, que representan alrededor del 20% de la comunidad astrofísica, quieren nuevos instrumentos con más capacidad para distinguir detalles en la superficie del Sol, y durante más tiempo. Los telescopios basados en la Tierra consiguen una resolución alta, pero tienen el inconveniente de que no pueden vigilar al astro de forma continuada. Uno de los mejores en todo el mundo es el telescopio solar sueco SST, con una lente de un metro de diámetro, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla canaria de La Palma. El SST distingue detalles de 70 kilómetros en la superficie del Sol. Pero tanto Europa como Estados Unidos tienen ya en marcha proyectos más ambiciosos, con espejos de unos cuatro metros de diámetro, como el EST (Telescopio Solar Europeo) y el ATST (Telescopio Solar de Tecnología Avanzada), con un espejo de unos cuatro metros de diámetro, en desarrollo en Hawaii.

En cuanto al espacio, hay ya varios satélites vigilando el Sol sin descanso. Uno de ellos, SOHO, lanzado en 1995, ha visto ya las variaciones de la estrella a lo largo de casi un ciclo completo, desde tranquilo a muy activo y vuelta a empezar. Pero ya está casi a punto el Solar Dynamics Observatory (SDO), de la NASA, el primer representante de la próxima generación de telescopios solares espaciales. Su misión, señala esta agencia, es investigar cómo funciona el Sol y mejorar las predicciones de la *meteorología espacial*. “El Sol es aún un gran misterio para los científicos”, afirman los expertos de esta misión. “SDO nos ayudará a entender de dónde viene la energía del Sol, cómo funciona su interior y cómo su energía es almacenada y liberada en su atmósfera”. El Sol es, por tanto, otra de las muchas fronteras científicas del siglo XXI. ■



## Una nueva estrella que viene

*Ampliamente utilizada por la industria alimentaria, su mezcla con gasolina podría proporcionar un combustible más eficiente que el etanol*

**En el Hoboken Organic Agriculture Exchange, el parqué de las materias primas agrícolas, el diente de león cotizaba poco antes de empezar el verano un 700% más que a comienzos de año. ¿Qué ha hecho que una humilde planta que crece junto a los caminos y en los baldíos, y que en la posguerra servía de sustitutivo del café, se haya convertido de la noche a la mañana en la estrella de los mercados de fondos de alto riesgo? Científicos de un laboratorio de Dakota del Sur han conseguido generar a partir de ella un derivado cuyas propiedades mejoran la calidad del etanol y otros biocombustibles. ■ POR Concha Barrigós, PERIODISTA CIENTÍFICA**

**T**IENE MUCHOS NOMBRES. DESDE EL muy poético *diente de león*, los corrientes *achicoria* o *pelosilla*, los más elaborados *taraxaco* y *almirón*, pasando por el escatológico *pedo de lobo* o el sugerente *coronilla de fraile*.

Son tantos, y en tantos idiomas, que J.K. Rowling bautizó a uno de los grandes protagonistas de la serie de Harry Potter con una de sus cuantiosas denominaciones, *dumbledore*, y se sospecha que Tolkien pensó en esta especie cuando eligió para uno de sus personajes, el de *aragorn*.

Es tan poco deslumbrante que el *Taraxacum officinale*, que así se llama en botánica, crece junto a los caminos, en los baldíos y pastos secos. Pero esta planta, de la familia de las asteráceas, ya está camino de convertirse en el nuevo amor de los que especulan con las materias primas, y todo porque se puede usar tanto para la alimentación del ganado como para com-

bustible. Ah, y encima esta vivaz, de flor amarilla y cuya simiente es la responsable de la pelusa que plaga los campos, se encuentra casi en cada rincón del mundo, aunque es más rara en el hemisferio sur.

Desde hace escasos meses se puede leer cada día una referencia en Wall Street sobre el *dandelion*, muy conocida, claro que por el nombre de *achicoria*, en la España de la posguerra, cuando prácticamente cualquier cosa, incluida esta humilde y abundante planta, servía para hacer café.

Y no parece que sea otra burbuja de la efervescencia económica, sino que viene para quedarse. Algo que en la especulación bursátil se llama *contratos de futuro* que es, con permiso de los expertos, más o menos apostar a que algo tendrá un valor en un tiempo determinado, ha sido la catapulta de la planta. Antes del verano, habían crecido más de un 20% los que se referían al diente de león y se pagaba cer-

ca de 6,8 dólares por *bushel* (fanega), es decir casi un 700% de lo que había cotizado en enero, cuando entró en el Hoboken Organic Agriculture Exchange (HOAX), el parqué de las materias primas agrícolas. Claro que hay que señalar primero que en el último año los precios agrícolas habían subido hasta un 60% de media a consecuencia de una caída en las producciones y una mayor demanda de los países emergentes. Eso provocó a su vez aumentos en los precios de los piensos y crisis ganadera.

Los mercados de fondos de alto riesgo que compran petróleo en el mercado de futuros como valor que hace frente a la caída del dólar lo están sustituyendo por el diente de león, aunque de forma un tanto peculiar. El petróleo es un activo en baja pero es que, además, para utilizar la achicoria como combustible se ha de mezclar con gasolina, así que... los inversores siguen comprando oro negro y también otros

# para ¿quedarse?: el diente de león



El vilano del diente de león es muy característico.

granos, como el maíz, porque prevén que subirá a causa de una hipotética reducción de cosechas que traerá aparejada la necesidad de hacer sitio en los campos a la nueva estrella.

Así las cosas, los agricultores norteamericanos han transformado 15 de cada 100 hectáreas en cultivos de achicoria en detrimento del trigo y la soja. El trabajo es sobre todo recogerla, porque con una vez que se siembre basta. Su capacidad de regenerarse es prácticamente infinita y es de una gran resistencia, como pueden atestiguar los jardineros que pretenden erradicar lo que, al menos hasta ahora, se consideraba una mala hierba.

Y ahora la noticia: el gigante Amalgamated Bio-food Limited se está preparando para convertir doce de sus plantas de etanol del medio oeste norteamericano en otras de producción de aceite de diente de león. La mezcla de la planta con gasolina podría proporcionar

un combustible alternativo aún más eficiente que el etanol. Los refinadores norteamericanos creen que el *brebaje*, que han bautizado como *dandeleen*, podría estar disponible ya a comienzos de 2009.

## Lo malo

Si ése podría ser un dibujo de la situación concreta del diente de león, lo cierto es que el pobretón almarión se inscribe en una dinámica global de usos, precios y especulación que preocupa, y mucho. Y como muestra unos acordes:

— El desvío de suelo para el cultivo de cosechas destinadas a la fabricación de bioetanol ha contribuido en alrededor de un 30% a la subida de los precios de los alimentos, según la International Food Policy Research.

— Las economías en vías de desarrollo podrían tener que pagar un 33% más por los alimentos importados este año, según la Organización de las Naciones

Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

— El Banco Asiático de Desarrollo ha advertido que la subida del maíz, el trigo y el arroz a sus máximos este año expone a millones de personas de Asia a riesgos de hambrunas.

— Eritrea, Nigeria y Botswana son algunas de las naciones más vulnerables, ya que importan todo su petróleo y al menos tres cuartas partes del trigo, arroz y maíz que consumen, según la FAO.

Peter Brabeck, presidente de la mayor empresa de alimentación del mundo, la multinacional Nestlé, ha afirmado recientemente que los gobiernos asiáticos deberían eliminar los subsidios a la agricultura para alimentación porque encarecen los precios y empeoran la crisis mundial de suministro. En su opinión, un tercio del alza de los alimentos se debe a que se utilizan para elaborar biocombustibles y otro tercio por las maniobras políticas.



## Un huerto de energía

Dado que sólo las plantas maduras, con raíces bien formadas, pueden ser recolectadas, los agricultores prefieren tratar al diente de león como si de cualquier cultivo se tratara y cosecharlo en consecuencia, lo que significa raíces grandes y bien enterradas. Para lo que se ha hecho hasta ahora, biocombustibles aparte, se necesitaban sobre cinco kilos de semillas por hectárea. Los cultivos tienen que mantenerse limpios con la azada, y todas las flores recogidas antes de que maduren y se conviertan en pelusas porque de lo contrario todo el terreno de alrededor será también de achicoria. La cosecha será de doce toneladas de raíz por hectárea al segundo año. Las raíces pierden mucho en seco, más o menos el 76% de su peso, luego cien partes de raíz fresca equivaldrán a 24 partes de materia en seco. Las raíces, después de lavadas y secadas, han de ser seleccionadas por tamaños. Las mayores son cortadas en trozos de 10 o 15 centímetros, y las pequeñas se utilizan directamente para hacer café. ■

**El diente de león está distribuido por todo el mundo.**

los cereales han puesto a cien millones de personas del mundo por debajo de la línea de pobreza y han provocado desórdenes desde Bangladesh hasta Egipto. La cesta de la compra, recuerda, subió un 140% entre 2000 y comienzos de 2008 y el aumento de los precios de los abonos y de la energía sólo contribuyó a ello en un 15%.

Estados Unidos, subraya el Banco Mundial, destina un tercio del maíz que produce a obtener etanol, pero es que la Unión Europea dedica la mitad de sus aceites vegetales al biodiésel. No parece que tenga el mismo impacto el empleo de la caña de azúcar, en la que Brasil está a la cabeza.

El presidente de Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva, que ha dicho en varias ocasiones que el mundo está comiendo desde hace cinco años reservas agrícolas, sugirió en la cumbre del G8 que los mismos que sufrieron la experiencia de perder con las *subprimes* están ahora utilizando el dinero de los fondos de riesgo para especular con petróleo y con alimentos.

Pero de eso no tiene ninguna culpa el diente de león, si acaso quienes especulan con él, porque hace cientos de años que sin ser combustible, sin ser un valor de futuros, era y es empleado casi para todo.

### Lo bueno

En 2006, unos investigadores dejaron una mezcla de flores y hojas de achicoria marinando toda la noche. Por la mañana, el gato que tenían por el laboratorio lo lamió y a continuación se puso a dar brincos hasta el techo. Se supone que de placer y

Así que, pronostica, el encarecimiento no es puntual sino estructural porque los países no cesan de desviar recursos para la fabricación energética, acumular existencias y poner trabas a las exportaciones.

Los ministros de Finanzas del Grupo de los Ocho (el G8 está formado por Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Japón, Alemania, Francia, Italia y Rusia), reunidos en Hokkaido (Japón), advirtieron en junio que el aumento de los precios de la alimentación y el combustible ha sustituido a la deuda por créditos como la mayor amenaza a la economía mundial. Por eso, el Fondo Monetario Internacional (FMI) cree que en 2008 se registrará la mayor tasa de inflación para los países desarrollados desde 1995, a pesar de que el crecimiento económico es el más bajo de los últimos siete años.

“No, eso no es así”, clama Estados

Unidos, cuyo Gobierno sostiene que usar para combustible los alimentos *sólo* contribuye a subirlos en un 3%, que lo que de verdad los encarece es la mayor demanda de India y China. El Banco Mundial sostiene que el porcentaje de subida es de un 75%. La producción de biocombustible, dice esa institución, ha dislocado el mercado de cereales. Primero porque se convierten plantas en combustibles, luego porque los agricultores son animados a reservar tierras para sembrar cultivos para biocombustibles y finalmente porque todo esto ha incentivado la especulación financiera sobre ellos.

La ONG Oxfam ha denunciado que los políticos censuran e ignoran la “obviada” de que el biocombustible es la causa principal del alza de los precios cerealistas en los últimos tiempos. El Banco Mundial calcula que los altos precios de

## Componentes químicos

La taraxacina, una sustancia amarga y cristalina, es el componente principal de la planta. Se trata de una resina acre formada por un glúcido, la inulina, que es una especie de azúcar (gluten, goma y potasio) que sustituye al almidón en la mayoría de las plantas de esta familia. La raíz no tiene, pues, almidón, pero al comienzo de su vida contiene un azúcar no cristalina además de levulina (un polisacárido) que se diferencia de la inulina en que no es soluble en agua fría. Ésta decrece en cantidad durante el verano y se convierte en inulina en el otoño.

La raíz puede contener como mucho un 24% de inulina. En fresco, la inulina está presente en la savia, pero en seco se transforma en un sólido transparente que solo es soluble en agua caliente. De ahí las diferentes opiniones sobre la época en la que se debe recolectar la planta. La Farmacopea Británica considera que es más amarga la raíz del otoño que la de la primavera, y ello es porque tiene un 25% más de inulina. Otros consideran que es mucho más amarga en marzo y, sobre todo, en julio pero que la taraxacina, el principio soluble, es mayor. Como es evidente, la cantidad de sustancia soluble es vital para su uso energético. ■

entusiasmo, porque los científicos, de IDEO, se lanzaron, no menos entusiasmados, a hacer vino con la planta.

Eso fue lo primero. Luego, unos colegas de Dakota del Sur, del laboratorio Nyu-Fuel Inc, experimentaron mezclando el vegetal con gasolina. Resultó. El carburante que produce tiene unas propiedades que mejoran la calidad del etanol y de otros biocombustibles. Eso es bueno, muy bueno, para países con altísima dependencia energética, como es el caso de España. Además, aunque sea una evidencia, reduce el uso de los combustibles minerales aunque, por lo menos de momento, no del todo porque debe emplearse en mezcla con un derivado del petróleo.

Como alimento es bastante conocido, y desde hace mucho tiempo, pero aún lo es más como remedio medicinal. Los indios norteamericanos usaban su raíz machacada para curar problemas renales y estomacales, en los países árabes se utiliza para tratar el hígado y el bazo, los chinos la emplean para aumentar las defensas frente a las infecciones respiratorias, y los europeos para combatir los problemas gastrointestinales.

La mayoría de la que se comercializa con ese fin o con el de su uso alimenticio procede de Reino Unido, Polonia, Hungría, Rumanía y Bulgaria. Pero todo comenzó sobre el siglo X, aunque las descripciones sólo se referían a la hierba, no a la raíz o a la flor. Los árabes se referían a ella como una especie de endivia salvaje con el nombre de *taraxacon*.

El célebre Linneo ya la apodó como

*leontodon* porque el corte de las hojas recuerda a los colmillos del felino, pero también hay quienes sostienen que el nombre le viene del amarillo de la flor, que recuerda al del león heráldico, y quien lo relaciona con la especial y odontológica blancura de su raíz.

Los botánicos Flückiger y Hanbury sostienen en su *Pharmacographia* que el nombre se lo dio Wilhelm, un cirujano que, impresionadísimo por las muchas virtudes de la planta, la asoció a las del diente de león identificado en latín como *dens leonis*. El nombre de *taraxacum* se deriva del griego *taraxos*, es decir afección, y *akos*, remedio, en atención a la acción curativa de la planta.

Lo cierto es que el diente de león tiene casi tantas virtudes como pelusas genera. Ocupa un importante lugar entre los principales vegetales que ayudan a la producción de miel, ya que proporciona tanto grandes cantidades de polen como de néctar en los primeros días de la primavera, cuando los árboles frutales aún están lejos de permitir a las abejas su trabajo. Pero es que, además, sin importar la temperatura que haga, hay una constante floración hasta los últimos días del otoño, por lo que es una fuente de miel después de que las demás flores han dejado de serlo.

Es también el hábitat de al menos 93 clases diferentes de insectos que ayudan a su vez a fertilizar el terreno adyacente. Los pájaros de menor tamaño se alimentan de sus semillas y los cerdos la devoran entera. Las cabras también las comen, pero parece que a las ovejas y a las reses no les hace tanta gracia, aunque dicen

que su consumo incrementa la producción de leche de las vacas. A los caballos les repele su amargo jugo pero a los conejos les gusta, y mucho.

Abejas, cabras, conejos... ¿y los humanos? La achicoria es un ingrediente básico de las ensaladas, especialmente en Francia. En el Reino Unido, uno de sus principales productores, emplean las hojas tiernas como ingrediente básico de los sándwiches, a las que sólo añaden mantequilla y sal. En Gales, trocean raíces de dos años y la mezclan con las hojas en ensalada. El diente de león se puede blanquear, como se hace con la endivia, y adquirir un sabor muy delicado. Si se tapa con plástico durante el invierno, la mata bien enterrada, las hojas tiernas son un manjar, que se puede comer durante todo el año, como si de espinacas se trataran.

Las hojas secas también se emplean como infusión digestiva, cerveza, una especie de vino e, incluso, en países como Canadá se destila como aguardiente. Pero aquí, en España, se conoce, fundamentalmente, porque finge ser café con mucha soltura. En el Reino Unido dicen que si está bien seco y tostado no se puede distinguir del que proporcionan los granos del cafetal. Lo mismo es que lo han tomado poco y sólo por placer y no por necesidad. Lo que sí es verdad es que no lleva aparejados los efectos contra los que los médicos previenen tanto y que dejan en paz el sistema nervioso y la tensión, aunque ahora esté poniendo a más de un inversor atacado por no saber si jugárselo todo a esta nueva *top model* de las materias primas. ■

**Si hay un punto muy caliente actualmente en el planeta, ése es el Ártico.** En el Polo Norte la temperatura ha subido en el último siglo 1,28 grados centígrados, casi el doble de la media mundial, situada en 0,74 grados. Tan rápida es la subida de la temperatura del aire, que la mirada de miles de científicos se ha dirigido hacia esta zona hasta ahora ignorada. Decenas de expediciones científicas con sus especialistas y complejos instrumentos se dirigen cada verano a desentrañar lo que ocurre. Lo que allí pasa es el reflejo más evidente de las consecuencias del cambio climático. El Ártico es una potente bomba de relojería para el sistema climático global. ■ **TEXTO Y FOTOGRAFÍA Gustavo Catalán Deus, CORRESPONSAL MEDIO-AMBIENTAL DEL DIARIO *EL MUNDO*.**

*Los efectos  
del cambio climático  
en el Ártico atraen  
la atención de la ciencia*

# Un Polo muy caliente



La subida media de temperaturas está haciendo que se derrita la masa de hielo polar, lo que tiene importantes consecuencias para la población de Groenlandia.



**A**MÁS GRADOS, MÁS FUSIÓN DE LOS hielos perennes que flotan sobre el océano Ártico. Con más calor, los glaciares se derriten como un azucarillo en el café. Hay puntos en Groenlandia donde las inmensas masas de hielo que descienden de las montañas retroceden diez metros al día; es decir, seis o siete kilómetros al año. Todas las alertas rojas se han encendido hace tiempo.

El Ártico es una bomba de relojería. A más calor, más fusión del hielo marino. Y cuánta más superficie marina hay al descubierto, menor efecto albedo, aquel que permite que la luz y el calor se refleje sobre la cubierta blanca. Así, el océano absorbe más radiación y se multiplica la fusión de la cubierta helada sobre el mar.

En el año 2007 se produjo la mayor disminución de la masa flotante de hielo desde que se hacen mediciones a través de las imágenes de satélite, hace treinta años. Tan sólo quedaron 4,7 millones de kilómetros cuadrados. Por primera vez quedó libre a la navegación el paso del Noroeste y poco quedó para que también se librara del hielo el paso del Noreste, en la costa de Siberia.

Este año ha sido el segundo en disminución de la cubierta helada, a muy poca distancia del anterior.

Los impactos sobre la flora y la fauna, y en la cultura y calidad de vida de los 150.000 inuit que viven en las inmediaciones del Círculo Polar Ártico son dramáticos. Especialmente entre los habitantes de Groenlandia, la gran isla administrada por Dinamarca junto al continente americano. Los inuit —llamados antaño esquimales—, viven en estado permanente de *shock*. Ellos, que utilizan hasta 50 acepciones distintas para definir el hielo en sus múltiples formas, pronto no van a necesitar tantas palabras, porque simplemente se están quedando sin ese mundo fantasmagóricamente blanco de montañas, tierras y mar cubiertos por mantos de agua helada.

Tan rápidas están siendo las transformaciones, que los 70.000 habitantes de Groenlandia están metidos en una espiral de encadenados colapsos culturales. No hay un solo bar, mercado o peluquería en la media docena de pequeñas ciudades del país donde la única conversación no sea sobre el tiempo; el mal tiempo que el cambio climático les ha traído de manera pertinaz.

## Tres alertas rojas

A la amenaza de la fuga de grandes cantidades de metano en el océano Ártico (donde se estima que está el 25% de las reservas mundiales de gas e hidrocarburos), se suma la alerta entre la comunidad científica internacional de otros dos efectos dominó del calentamiento global: el CO<sub>2</sub> que contiene el *permafrost* (cubierta terrestre permanentemente helada) que se está derritiendo en las regiones más septentrionales, y el incendio por causas naturales de grandísimas extensiones de turba en las regiones boreales del planeta, que se están secando a causa del cambio climático.

En el primer caso, una investigación del mes de agosto ha descubierto que las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la capa permanentemente helada terrestre son 60 veces superiores a las estimadas hasta ahora por los expertos. Esta consideración modificará sensiblemente las previsiones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) de la ONU.

Un estudio de la Universidad de Minnesota (Estados Unidos) calcula que el incendio de las turberas del cinturón boreal situado entre los paralelos 70 y 80 del Hemisferio Norte, y provocado por la falta de humedad, sería imposible de extinguir con medios humanos y significaría la emisión de 130 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>. Una barbaridad que agravaría considerablemente el efecto invernadero. ■



Arriba, imagen de un glaciar. Abajo, un iceberg.

Las focas se han ido más al norte, los osos van detrás de ellas pero bajo sus pies se abren grietas, los zorros árticos apenas consiguen la carroña que les deja el rey de los carnívoros del planeta, y los inuit no pueden usar los trineos, porque los patines no encuentran sustrato helado.

Los groenlandeses eran un pueblo no contactado hasta finales del siglo XIX. La llegada del hombre blanco con sus armas de fuego, enfermedades y alcohol ha causado estragos. El país de las sombras largas —como tituló Hans Ruedemann su libro que descubrió los inuit a Occidente— es el de más alto índice de suicidios y asesinatos. Ciertamente es que los groenlandeses tienen un muy elevado nivel de vida, pero a costa de su cada vez más cercana desaparición. Sobrevivieron a las más extremas condiciones de vida, pero no lo lograrán a la llegada del hombre blanco, y a su último ataque aún más perverso: el cambio climático.

La última de las investigaciones revela una inquietante fuga de millones de toneladas de metano del fondo del océano Ártico y de las regiones terrestres circumpolares. La informa-



Unos 150.000 inuits viven en las inmediaciones del Círculo Polar Ártico. De izquierda a derecha, un mercado de pescado, una joven inuit e interior de una casa tradicional.

ción proviene de una investigación conjunta de la Universidad de Estocolmo y de la Academia de Ciencias Rusa.

La comunicación de los científicos se ha producido desde el barco oceanográfico ruso Jacob Smirnitsky a lo largo de la costa septentrional rusa. Los científicos han comunicado que han visto la superficie marina “bullendo por el efecto de las burbujas de metano que subían de los fondos marinos”.

El trayecto recorrido por el buque de investigación abarca extensiones marinas de varias decenas de miles de kilómetros cuadrados sobre la plataforma marina de Siberia. Las apreciaciones provisionales indican que lo observado equivale a millones de toneladas de metano, según el profesor Orjan Gustafsson, de la Universidad sueca de Estocolmo. Las concentraciones de metano medidas son hasta de cien veces superiores a los niveles normales.

La liberación de metano es “tan intensa que el gas no tenía tiempo de disolverse en el agua del mar, sino que salía a la superficie en forma de burbujas”. La existencia de esta especie de *chimeneas* de metano es lo nunca visto. Igor Semiletov, de la Academia

de Ciencias Rusa, cree que el origen de la liberación de metano se halla en la fusión del hielo que sellaba las fisuras de los yacimientos de gas. Semiletov ha encabezado diez expediciones por el mar de Laptev desde 1994, y nunca había observado el fenómeno hasta 2003.

El investigador oceanográfico español, Carlos Duarte, afirma que el fenómeno se produce sobre la plataforma continental de Siberia, en aguas someras de no más de veinte metros de profundidad, pero de grandes dimensiones hacia el Polo. Esta región recibe grandes descargas de agua dulce proveniente de ríos y acuíferos muy caudalosos. El agua marina se congela a menos de menos dos grados centígrados, mientras que la dulce se convierte en hielo a cero grados. “Al haber tanta agua dulce en las cercanías de la costa por el calentamiento, es posible que se haya fundido el hielo que impedía las fugas”, dice el investigador del CSIC.

El metano es un poderoso gas de forzamiento radiativo por unidad de masa. Es decir, su efecto invernadero en la atmósfera es 40 veces superior al

dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el año 2005 la concentración de metano era de 1,7 partes por billón (ppb), mientras que el CO<sub>2</sub> es de 381 partes por millón (ppm).

Las fugas de metano del Ártico no parecen haber tenido todavía consecuencias en los registros. Ernesto Rodríguez, de la Agencia Estatal de Meteorología, asegura que “la concentración de metano sube, pero lo hace menos rápido que en años anteriores según las mediciones en continuo de los observatorios internacionales”.

Pero tiempo al tiempo, porque los efectos del cambio climático en el Ártico no vienen solos. La reacción en cadena de los efectos del calor aún está por determinarse en toda su amplitud. El efecto calor en el Polo Norte atrae la atención de la ciencia, pero también del público. Unánimemente, los medios dedican atención a ello; el pasado mes de julio, el canal Odisea emitió 23 documentales tratándolo. Y seguirá ocurriendo, porque el laboratorio al aire libre en que se ha convertido el casquete polar deparará a corto plazo más y más inquietantes noticias. ■

**La metrología es una ciencia antigua.** El hombre ha sentido siempre la curiosidad de medir las cosas. No sólo por encuadrar su propia dimensión en el entorno que le rodea, sino también por razones prácticas, al servirse de las mediciones como una herramienta para facilitar una vida diaria más cómoda y segura y una actividad comercial más rentable. Ésa es la razón por la que los sistemas de medida han evolucionado históricamente en función de las necesidades de la sociedad. Hoy, la metrología se ha convertido en un estandarte de las sociedades más avanzadas. Sus beneficios son incuestionables en áreas como la salud, la seguridad, el medio ambiente, el control de los recursos del planeta, el desarrollo industrial y las transacciones comerciales. ■ POR Prudencio Párraga, PERIODISTA CIENTÍFICO.

*Muchos de los avances  
de la sociedad actual  
no podrían entenderse  
sin esta disciplina*

## La metrología, esa desconocida tan cercana

**L**A CONSTRUCCIÓN DE LAS TRES pirámides de los reyes Keops, Kefrén y Micerino, en la meseta egipcia de Giza, apenas duró 70 años. Su desviación de orientación en relación al Norte verdadero es únicamente de 5 minutos y 31 segundos, medida que supera con mucho las modernas normas de precisión y equivalente a la del diámetro de una moneda de dos euros colocada a un kilómetro de distancia.

En los 53.000 m<sup>2</sup> de la base de la pirámide de Keops caben ocho campos de fútbol. Pues bien, a pesar de tratarse de una superficie tan enorme, las diferencias de sus lados se cuentan en milímetros y en segundos. Tanta exactitud refleja que en el Antiguo Egipto la metrología era una disciplina tomada muy en serio; tanto que estaba prevista la pena de muerte para condenar a aquellos arquitectos reales que olvidaran su deber de calibrar el patrón de longitud las noches de luna llena.

Resulta curioso comprobar que desde hace más de 5.000 años el hombre ha utilizado su cuerpo para medir: de ahí los *pasos*, las *zancadas*, los *palmos*, las *brazas*, el *pie*, etcétera. El primer *codo real*, por ejemplo, fue definido en Egipto como la longitud del antebrazo del faraón, desde el codo hasta el extremo del dedo medio con la extremidad abierta, más la anchura de su mano, y equivale 0,5237 metros. La medida original, de la que se hicieron numerosas copias, fue materializada en



Diferentes patrones antiguos de medida, conservados en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

granito negro. En los lugares de construcción, los trabajadores poseían reproducciones en granito o madera, lo que hoy llamaríamos la *diseminación* de la medida, y era responsabilidad de los arquitectos su mantenimiento.

El conocimiento de los números, de las estrellas, de las figuras y las imágenes de los cielos, y su aplicación en productos, como los calendarios, o en servicios, como los tratamientos de las enfermedades, no sólo se utilizó desde el princi-

pio de los tiempos para resolver cuestiones de la vida cotidiana. A lo largo de la historia, la ciencia de la medición ha servido para casi todo. Ha valido para interpretar el pasado, el presente, y, sobre todo, el futuro. No en vano estamos hablando de ciencia y de tecnología.

### La metrología científica y la metrología legal

Tradicionalmente, el sistema de medidas ha estado ligado a su positiva aportación

a los procesos industriales y comerciales, campo específico de la metrología científica. La producción industrial, el comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de un sistema de medidas preciso y aceptado universalmente. La medición sistemática, con incertidumbre determinada, es una de las bases del control de calidad industrial, tanto que en las industrias más modernas el coste de las mediciones supone del 10% al 15% de los costes de producción.

La razón que explica la omnipresencia de la metrología en la industria obedece a que la calidad, factor del que dependen la productividad y la competitividad, es, en definitiva, un problema de medida. Otro tanto ocurre con los servicios, con frecuencia basados en aparatos o sistemas que requieren mecanismos de alta precisión, así como con el comercio, sustentado en la confianza de la calidad y en la exactitud de la medida de los productos intercambiados, una actividad cuyo valor puede oscilar entre el 60% y el 80% del PIB en la mayoría de los países.

En la actualidad ha adquirido además una importancia capital como herramienta que respalda la fiabilidad de las actividades de los ciudadanos en aspectos esenciales de la vida cotidiana, como la salud, el transporte público y privado, las compras o los suministros. La metrología legal, que así ha venido en llamarse, nos confiere la tranquilidad que aporta la exactitud de unas medidas obligatorias para quienes suministran productos y servicios, convirtiéndose en una contribución sustancial a la confianza y la seguridad de los ciudadanos.

La legislación española define la metrología como una disciplina que protege “el interés público, la salud y seguridad pública, el orden público, el medio ambiente, los consumidores y usuarios, la recaudación tributaria, el cálculo de aranceles, cánones y sanciones administrativas, los peritajes judiciales y las garantías básicas para un comercio leal”.

España dispone de una estructura metrológica descentralizada que permite obtener mayores beneficios con costes distribuidos. La metrología científica es competencia del Centro Español de

## La metrología moderna

Hace 130 años, el 20 de mayo de 1875, diecisiete Estados, entre ellos España, fueron los socios fundadores de la Convención del Metro. En la reunión constituyente, celebrada en París, se adoptó el Sistema Métrico Decimal como base del Sistema Internacional de Medidas. No sólo se pretendía que el mayor número de países utilizaran el Sistema Métrico, sino de que los *metros* y los *kilogramos*, en suma los patrones de todos los países, fueran iguales entre sí. El método utilizado fue conservar en París los patrones internacionales y compararlos sistemáticamente con los nacionales, además de comparar a su vez los nacionales entre sí.

La Convención del Metro creó una Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM, siglas en francés de Bureau International des Poids et Mesures), centrada inicialmente sólo en el metro y el kilogramo, con el objetivo principal de favorecer la generalización del sistema decimal, que iba ganando aceptación entre cada vez un mayor número de países, y de esta manera favorecer el comercio transnacional y la fiabilidad de las transacciones.

Hasta finales del siglo XIX, en las diversas regiones españolas, como en el resto de Europa, se medía y se pesaba utilizando unidades locales como la *legua*, la *toesa*, la *vara*, el *pie*, la *libra* o la *fanega*; todas ellas locales y diferentes entre sí, lo que daba lugar a enormes contratiempos en las transacciones comerciales a la hora de transferir los valores de unos a otros lugares. La idea de una unificación que solucionara este problema aconsejó impulsar en 1791, desde la Asamblea Nacional de Francia, en plena revolución, la posibilidad de definir unos patrones de medida universales basados en constantes de la naturaleza y aceptables para todas las naciones.

Para definir un valor lo más exacto posible de la unidad de longitud, se enviaron a diferentes lugares unas expedi-

**Instrumentación de un moderno laboratorio de metrología: comparador del patrón primario de masa (izquierda) y célula del punto triple del mercurio.**



Metrología (CEM) y sus laboratorios asociados, mientras que la metrología legal es ejecutada por el propio CEM, las Comunidades Autónomas y los organismos competentes designados por estas últimas: organismos notificados, organismos de control metrológico y organismos autorizados de verificación.

Sin embargo, el sistema metrológico español es de menores dimensiones y cuenta con presupuestos más reducidos que los de los países más avanzados de la Unión Europea. A pesar de que cada euro invertido en metrología es devuelto a la sociedad en una relación beneficio/coste del orden de tres a uno, en España son pocos los medios medios disponibles. De hecho, el promedio de la inversión anual en los últimos cuatro ejercicios es de cinco millones de euros y escasos los recursos humanos, sólo unos 130 especialistas dedicados a esta actividad.

### La metrología legal se abre paso en las sociedades más avanzadas

Aunque para la mayoría de nosotros su aportación pase desapercibida, la metrología está presente de forma constante en la vida diaria para preservar nuestros

derechos como consumidores y usuarios y garantizar la seguridad de nuestras actividades en el quehacer cotidiano. De ahí que la metrología legal, aquella que se encarga de las medidas que afectan directamente a los ciudadanos (de certificar la exactitud de los equipos de utilización habitual por parte de todos nosotros) haya adquirido en los últimos años una importancia creciente en los países más avanzados.

La eficiencia y la seguridad de los servicios, de los suministros y de las comunicaciones que todos utilizamos cada día están en manos, en definitiva, de la existencia de un sistema de medidas fiable y avanzado. Nuestra salud, por ejemplo, depende cada vez más de unos aparatos muy sofisticados y de técnicas de análisis muy complejas utilizadas en los hospitales para realizar los diagnósticos y aplicar las terapias. Mediciones erróneas o inadecuadas en estos equipos provocarían consecuencias muy negativas para los pacientes durante sus tratamientos.

El comercio al por menor, los transportes o el suministro de los servicios domésticos son otros ejemplos muy cercanos de lo que la metrología puede hacer

por nosotros. La homologación de las balanzas de peso y de las cajas registradoras, entre otros, nos aporta la confianza en la compra diaria. La precisión y su exactitud conforme a lo autorizado de los surtidores de las gasolineras o de los taxímetros nos aseguran que pagamos únicamente el combustible o el servicio recibido. La homologación de los aparatos de medición de la velocidad garantiza que no seremos penalizados incorrectamente y que no podremos ser multados si la medición se ha hecho con un radar no homologado. La certificación de la exactitud de los contadores de los suministros de teléfono, electricidad, gas o agua asegura que los consumidores pagaremos sólo lo que consumimos.

ciones científicas con la misión de medir el cuadrante terrestre. Una fue destinada a Perú y la otra a Laponia, lugares que permitirían comprobar si la Tierra era esférica o achatada. Se trataba de medir la longitud de un grado del cuadrante terrestre en ambos lugares y comparar los resultados. Después de años de cálculos y estudios, los investigadores llegaron a la conclusión de que la Tierra estaba achatada por los polos.

En la expedición a Perú participaron dos jóvenes marinos españoles —Jorge Juan y Antonio de Ulloa— cuyas mediciones fueron aceptadas por la comunidad científica internacional como las más exactas de entre todas las tomadas. De esta forma se convirtieron en los primeros metrologos españoles de prestigio.



La comisión encargada decidió proponer como

patrón de longitud el metro, definido como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. Para ello se convocó una reunión internacional en París, en 1798, a la que asistieron Holanda, Suiza, Milán, Génova, Cerdeña, Turín, Roma, Florencia, Dinamarca y España. En 1799 se confirmó oficialmente que el valor más fiable de las medidas del meridiano era el dado por los marinos españoles.

El valor asignado al metro fue de 3 pies y 11,296 líneas de la toesa de Perú, y se materializó en barras de platino. Además, para su reproducción rápida se sugirió la fórmula del periodo de batida del péndulo a una altura determinada. Simultáneamente se determinó el valor de la unidad de peso, el *grave* (después llamado kilogramo), que equivalía a 18.827,15 granos de la pila de Carlomagno.

La Ley de Pesas y Medidas que establecía el Sistema Métrico Decimal no fue aprobada en España hasta 1849, gracias al impulso de Bravo Murillo, ministro de Isabel II, y se aplicó como único y obligatorio a partir de 1853. Sin embargo, las dificultades para su implantación no permitieron hacerlo efectivo hasta 1880. La opción no dejaba de ser arriesgada, puesto que el Reino Unido propiciaba su propio Sistema Imperial de Unidades para todos sus territorios. ■

calidad de vida de la población, sobre todo en las zonas urbanas, está experimentando un acusado deterioro debido a la contaminación. El primer paso para luchar contra este mal contemporáneo es medir las cantidades de contaminantes emitidas por escapes de vehículos, industrias y calefacciones; calibrar los ruidos originados por los automóviles, los aviones y los ferrocarriles; calcular los residuos producidos por las aguas residuales, y luego determinar unos valores aceptables para el entorno humano y fijar las correspondientes alertas.

Otro capítulo, quizá menos evidente, pero cuyo debate está hoy en la sociedad es el de las tallas de las prendas de vestir, cuya determinación corresponde también a la metrología, así como, en otro orden de cosas, la certificación de la validez de los repuestos para los electrodomésticos averiados. Más importancia por sus consecuencias adquiere la homologación de los materiales de obra para impedir, por ejemplo, que nuestra casa se caiga porque el hormigón no fue probado en una máquina de ensayo de resistencia.

Recientemente ha adquirido una importancia capital la aplicación de la metrología a los sistemas de alerta de la contaminación atmosférica e hídrica. La

La precisión requerida en algunas de las medidas es hoy inimaginable para los profanos: los sistemas de localización por satélite (el GPS de nuestros navegadores) o los actuales sistemas de comunicación (nuestros teléfonos móviles) no funcionarían si no fuésemos capaces de sincronizar relojes con una precisión de un nanosegundo (para entender esto tenemos que darnos cuenta de que en ese tiempo la luz recorre únicamente algo menos de 30 centímetros).

La ciencia es el paradigma de una disciplina totalmente dependiente de la medición. Los geólogos miden las ondas

de choque originadas por las gigantescas fuerzas que dan lugar a los terremotos; los astrónomos miden pacientemente la distancia-luz desde las estrellas distantes, para determinar su edad; los físicos dedicados a estudiar las partículas elementales realizan mediciones de millonésimas de segundo y son capaces de confirmar la presencia de una pequeña partícula casi infinitesimal.

Hay campos de las relaciones internacionales que resultarían impensables sin una metrología de calidad. La cooperación multilateral europea en proyectos industriales y de defensa es un ejemplo paradigmático. Pensemos en el desarrollo y fabricación del Airbus, construido al menos en los cuatro países miembros del consorcio y ensamblado en Francia con la más alta precisión. Para que todo encaje y funcione es preciso asegurar la equivalencia de las mediciones mediante una cadena de comprobación de los equipos utilizados, que denominamos *trazabilidad*, y que, pasando por los Centros Nacionales de Metrología respectivos, tiene su origen en los patrones internacionales del BIPM (Oficina Internacional de Pesas y Medidas). ■

**Hace unos pocos años, el uso de carbón como combustible parecía tener los días contados. Una negra fama le había conseguido un sitio destacado en la galería de archi-llanos del cambio climático.** Su historial contaminante le auguraba un futuro marginal. Previsiblemente, cedería su sitio al gas o a las energías verdes; y, poco a poco, resumiría su sueño mineral en las entrañas de la Tierra: un letargo de 300 millones de años que fue interrumpido por los picos de los primeros mineros, en la Prehistoria. Pues no, el carbón campa a sus anchas: el 27,8% de la energía consumida en el mundo procede de él, y además, su consumo global aumentará un 60% en 2030, prevé la International Energy Agency. Se habla mucho del retorno de la energía atómica, cuando el renacer más impetuoso tiene por protagonista a aquel viejo mineral. ■ POR **Pablo Francescutti**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

*A pesar de las dudas sobre su sostenibilidad, muchos países apuestan por el carbón como principal fuente de energía*



## EL CARBÓN SE RESISTE A ABANDONAR LA ESCENA

**H**AY NUMEROSAS CENTRALES NUCLEARES en los tableros de diseño, pero transcurrirán varios años antes de que entren en operación. En el corto plazo, el carbón se perfila como una baza atractiva. Favorece su *resurrección* la existencia de ingentes reservas que garantizan el abastecimiento hasta el próximo siglo, o el siguiente. Además, resulta barato, costos ambientales al margen: generar electricidad con el carbón cuesta en Japón un tercio de lo que supone hacerlo con gas natural, y en Gran Breta-

ña, la mitad. Su principal competidor, el gas natural, debe importarse a precios altamente volátiles. En cambio, decenas de países exportan carbón —no hay un cártel tipo OPEP—, lo que permite negociar mejores condiciones de compra.

La liga de los carbono-adictos la encabeza China: el año pasado instaló más centrales térmicas que Gran Bretaña en toda su historia (una cada diez días). Por año, la potencia asiática devora el 70% del carbón producido en el orbe, con lo que ha vuelto a ser el pri-

mer consumidor mundial, título que Inglaterra le arrebató en el siglo XVIII. India no se queda atrás. Este país, que depende del carbón para producir el 55% de su electricidad, levantará una de las centrales térmicas más potentes del mundo, con una capacidad de 4.000 MW (equivalente a cuatro centrales nucleares de gran tamaño).

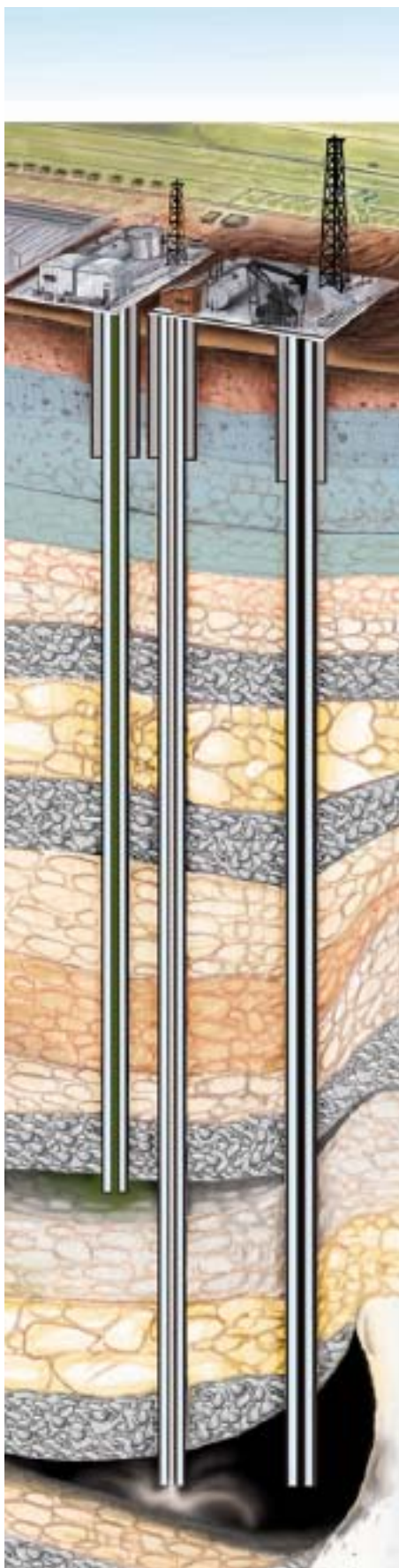
Los dos gigantes asiáticos se repartirán el 80% del aumento del consumo de carbón previsto para las próximas dos décadas. ¿Voracidad típica de países

ávidos por desarrollarse a toda costa? No sólo de ellos; Estados Unidos obtiene el 48% de su electricidad quemando carbón, un valor que subirá al 54% en 2030, augura la National Mining Association. Para cubrir el aumento en la demanda eléctrica se ampliarán las plantas térmicas existentes y se construirán 151 más. Recientemente, el presidente George Bush dijo que no hay fuente de electricidad más fiable que el carbón, del cual depende la independencia energética nacional. Otras 68 plantas similares se alzarán en Europa en los próximos cinco años. Italia adaptará sus centrales de fuel-oil al carbón, que pasarán de producir el 14% de la electricidad generada en el país hasta llegar al 33%. El gobierno británico, apoyado por la industria energética y los sindicatos mineros, ha aprobado el emplazamiento de una planta térmica en Kent y proyecta autorizar otras siete similares. En España, el consumo de carbón aumentó en 2007 un 8,8% respecto del año anterior, y generó el 13,7% de la energía consumida (más del doble de lo aportado por las energías renovables), alerta un informe de Comisiones Obreras y Worldwatch España.

¿Contradicciones de la ecológica Europa? Así parece. Paradójicamente, el rechazo de sus habitantes a la energía nuclear ha mejorado las posibilidades del que fuera el combustible de la Revolución Industrial (por lo menos de cara a las autoridades).

### ¿Cuántas reservas existen realmente?

Todos los ambiciosos proyectos descansan en la misma premisa: una plétora de materia prima, vale decir, 847.000 millones de toneladas, suficientes para garantizar durante 140 años la producción global anual (6.000 millones), de acuerdo al World Energy Council. Pero existen dudas acerca de la fiabilidad de esas cifras —como las hay respecto de las reservas de petróleo—. El papel de agua-fiestas lo interpreta aquí Energy Watch, un grupo de expertos alemanes que sospecha que los cálculos oficiales sobrestiman la dimensión real de los yacimientos. “Nos ha sorprendido descubrir



**El almacenamiento de CO<sub>2</sub> en formaciones geológicas es una de las estrategias para atajar las emisiones atmosféricas de este gas de efecto invernadero.**

que las denominadas reservas probadas son cualquier cosa menos probadas”, señala su portavoz, Werner Zittel. El *think-tank* germano pronostica que en 2025 la producción de carbón entrará en franco declive. Por lo pronto, el año próximo China comenzará a importarlo porque su producción no dará abasto con la demanda interna.

Contrarrestan esas perspectivas las noticias sobre las reservas ocultas bajo los hielos árticos, que el calentamiento global tornaría accesibles. Se estima que en Alaska se esconden 247.000 millones de toneladas. Más tangibles se perfilan las 550.000 millones de toneladas localizadas en la cuenca del río Powder (EE. UU.), suficientes para abastecer al país durante 493 años, según un informe gubernamental; aunque otras fuentes creen que apenas serían económicamente recuperables 50.000 millones.

En última instancia, todo se reduce a la rentabilidad. La tecnología extractiva ha experimentado adelantos notables: la cantidad de mineral obtenido por hora/hombre se triplicó desde 1978. Pero el verdadero desafío a la ingeniería de minas lo ponen los filones situados a más de 1.300 metros de profundidad, de muy difícil mecanización. Por otra parte, en determinadas estructuras geológicas —el caso de la cuenca del río Powder— la amenaza de derrumbe no permite la excavación de pozos y galerías. En tales casos se emplea la gasificación subterránea. Se inyecta en el filón aire u oxígeno a alta presión, con el propósito de provocar una reacción química que da lugar al gas de síntesis, una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno susceptible de ser extraída para producir electricidad. Otra modalidad consiste en introducir un líquido impregnado de sustancias que estimulan el desprendimiento de trozos y partículas del mineral, de manera que salgan a la superficie mezclados con el susodicho líquido. En definitiva, no escasean las tecnologías novedosas ni la materia prima: disponemos de suficiente carbón para *cocinar* el planeta varias veces.

## ¿La hora del carbón español?

España también se apunta al carbón sostenible; al fin y al cabo, es el único combustible fósil del que cuenta con reservas importantes (unas mil millones de toneladas recuperables). Esta apuesta supone un giro respecto del entusiasmo de la última década por el gas natural. “La realidad es que no hay tanto gas o, por lo menos, no resulta tan disponible como se pensaba”, apunta Emilio Méndez, investigador de la Universidad Autónoma de Madrid. Además de importar tecnología “supercrítica” para sustituir los grupos térmicos que en los próximos años agoten su vida útil o queden obsoletos ante las nuevas exigencias ambientales, se está desarrollando I+D nacional. El plan Cenit CO<sub>2</sub>, por ejemplo, investigará cómo mejorar la eficiencia en la combustión, el añadido de biomasa al carbón, la captura de gases y su enterramiento en formaciones profundas salinas. El Gobierno invertirá 190 millones de euros en la central experimental de Cubillos del Sil (El Bierzo). Allí, un equipo de generación eléctrica con 35 MW de potencia ensayará la tecnología de oxidación, diferente del proceso de captura de CO<sub>2</sub> que investiga en Asturias el Instituto del Carbón. Cabe advertir que el plan de secuestrar CO<sub>2</sub> en sumideros geológicos chocará con un serio obstáculo: la ausencia en la Península de grandes yacimientos de petróleo o gas que sirvan de sumideros. Por lo pronto, esas actuaciones han levantado expectativas en los sindicatos mineros, convencidos de que el viento sopla a favor del carbón autóctono. Méndez no comparte su optimismo: “España seguirá abasteciéndose sobre todo de mineral importado, ya que es más limpio y más barato”. ■

### El sueño del carbón

El aumento previsto en el consumo de carbón aparejará una subida del 57% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (aparte de la liberación de sustancias tóxicas como el mercurio). Muchos ven en estas cifras un crimen de lesa ecología; en su memoria sigue fresco el recuerdo de la lluvia ácida, que casi aca-

ba con los bosques europeos, causada, en gran parte, por la combustión del azufre asociado al carbón; y en su horizonte se levanta la nube negra del calentamiento global, resultado, en buena medida, de la quema del mismo combustible.

Contra esos temores los partidarios del carbón esgrimen una panoplia de

estrategias dirigidas a *limpiar* el carbón, removiendo la mayor parte del dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas contaminantes, CO<sub>2</sub> y radionucleótidos. Al menos en el laboratorio, los científicos ya saben cómo eliminar el 99,9% del azufre y las partículas. La industria se ha fijado el objetivo de que en 2030 las plantas térmicas de carbón eleven su eficiencia energética del 30% actual al 45-50% y capturen el 90% de los gases de efecto invernadero. Una medida pasa por lavar el carbón antes de echarlo a la caldera. ¿Cómo? Se arrojan trozos del mineral a un tanque lleno de agua, donde flotarán mientras el grueso del azufre se deposita en el fondo. Este procedimiento tiene el inconveniente de que no consigue eliminar el azufre unido químicamente a las moléculas de carbón. Otra alternativa la ponen los lavadores de gases, dispositivos incorporados a las centrales de última generación que usan piedra caliza como una esponja que absorbe el azufre de los gases de combustión antes de que salgan por la chimenea.

A las calderas les cabe jugar un papel importante. Las esperanzas se reparten entre la caldera supercrítica, capaz de mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones un 20%; y la caldera presurizada de lecho fluido, en donde se produce una corriente de gases a alta presión que mueven una turbina de gas para generar electricidad y a continuación calientan el circuito de agua de una turbina de vapor. Con este artefacto se confía en generar 50% más de electricidad que con los modelos actuales y, de pasada, al usar menos combustible, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por último, en la gasificación, en lugar de quemar el carbón se quiebran sus enlaces moleculares a altas temperaturas y una buena porción de los gases se transforman en una gran variedad de combustibles y sustancias químicas. China ya cuenta con una veintena de plantas que convierten el carbón en plásticos, fármacos, fertilizantes, pinturas y edulcorantes; además de separar el CO<sub>2</sub>, lo que facilita su almacenamiento.



Extracción de carbón a cielo abierto en el oeste de Virginia (Estados Unidos).



A la izquierda, alzado del proyecto de una planta gasificadora de carbón en Illinois (Estados Unidos). Sobre estas líneas, construcción de una chimenea con lavado de gases en una central térmica.

Almacenamiento de CO<sub>2</sub> y *carbón limpio* van de la mano. Su enterramiento en formaciones geológicas es una de las estrategias puestas sobre la mesa para atajar las emisiones atmosféricas de ese gas de efecto invernadero. Un informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) asegura que la posibilidad de que el gas se escape de tales depósitos es inferior al uno por ciento en un siglo. En Gran Bretaña, los adalides del carbón lo tienen claro: proponen el tendido de una red de gasoductos —¿o carbonoductos?— que transportarán el CO<sub>2</sub> desde las instalaciones industriales a los yacimientos vacíos de hidrocarburos en el Mar del Norte.

### Gases, gases y más gas

A los ecologistas la idea del carbón limpio les suena a oxímoron. Es cierto que la gasificación produce menos emisiones, pero incluso así libera más CO<sub>2</sub> que la combustión de gas natural, apunta Eric Larson, investigador del Princeton Environmental Institute. “Es una locura rayana en la negligencia criminal ignorar la

energía limpia y depositar esperanzas en tecnologías no probadas”, se afirma en un informe de Greenpeace titulado *Falsa esperanza*. A su modo de ver, tales propuestas no son más que un “lavado de cara” de una industria tiznada hasta el tuétano. “El carbón no puede ser limpio”, manifiesta con rotundidad el ecologista australiano Tim Flannery, para quien el secuestro de CO<sub>2</sub> o la gasificación se perfilan muy prometedores pero todavía se encuentran en pañales. Su respuesta al cambio climático es simple: dejar a los combustibles fósiles en el subsuelo.

“El carbón no es limpio; ningún combustible lo es”, admite Emilio Méndez, investigador de la Universidad Autónoma de Madrid. “Puede ser más o menos limpio, más o menos sucio”. En cualquier caso, a este experto las ventajas comparativas que presenta esta fuente de energía le parecen innegables, y todo lo que “suponga prepararnos para su utilización con tecnologías más limpias es positivo”, sostiene.

Sin embargo, el carbón no lo tendrá tan fácil. En Estados Unidos, los gru-

pos ecologistas ya exigen una moratoria de la apertura de centrales térmicas; y su prédica no ha caído en saco roto: de 151 solicitudes presentadas el año pasado, más de 60 fueron desestimadas por las autoridades estatales, y varias docenas se han visto paralizadas por demandas judiciales. Y el celeberrimo Al Gore ha hecho suya la exigencia del abandono de la electricidad generada con carbón en un plazo de diez años.

En cualquier caso, lo más probable es que nos aguarden más años de chimeneas humeantes. Los expertos coinciden en que, en el mejor de los escenarios, el enterramiento de CO<sub>2</sub> no se materializará antes de dos décadas (y sólo le servirá a las centrales con la tecnología adecuada). Queda por ver, por otra parte, en cuánto se encarecerá el kilovatio generado por esa vía. Entre tanto, la cuestión central sigue en pie: ¿cuántas emisiones podrá seguir *tragando* la atmósfera, provengan de la quema de gas natural, *carbón limpio* o hidrocarburos, antes de que el estropicio sea irreparable? ■

**Es universal, y exclusivo de nuestra especie de Homo sapiens sapiens;** quizá sea incluso la seña de identidad más patente de la inteligencia humana. Pero el lenguaje encierra, además, una curiosa paradoja: siendo, como es, una característica humana tan universal como específica de la especie, ha acabado plasmándose en una diversidad de lenguas que, en última instancia, dificultan precisamente esa universalidad. ■ POR Manuel Toharia.

*Los científicos  
se preguntan  
cómo pudieron  
diversificarse  
hasta tal punto  
los idiomas si todos  
ellos partían de  
una característica  
fisiológica evolutiva  
común a la especie  
humana*

## DEL LENGUAJE

**P**ARECE CLARO QUE EL LENGUAJE obedece a mecanismos neurofisiológicos concretos que hemos adquirido por evolución de los monos listos que nos precedieron, pero la diversidad de lenguas no tiene ya nada que ver con la evolución en términos darwinianos sino que probablemente está relacionada directamente con la historia de la cultura. Aun así, la cuestión parece difícil de explicar: ¿cómo pudieron diversificarse hasta tal punto los idiomas si todos ellos partían de una característica fisiológica evolutiva común a la especie? En otros términos, ¿cómo hemos pasa-

do de la capacidad para crear y usar un lenguaje a la aparición de múltiples lenguas que, desde muy antiguo, se han ido usando en el seno de muy distintos grupos humanos? ¿Cómo hemos pasado, en suma, del lenguaje —único— a los idiomas —múltiples—?

De todas las especies vivas, la nuestra es la única capaz de poner en comunicación a sus individuos a través de un sistema que combina muy diversos sonidos arbitrarios con los que somos capaces de representar la realidad, e incluso las ideas más abstractas. Pero ese sistema no es único; de hecho tiene mucho

que ver con la arbitrariedad con la que podemos, cada uno de nosotros, asignarle a un determinado sonido un significado concreto. De ahí nace la noción de idioma, es decir, el conjunto de sonidos que un grupo de humanos que viven juntos o muy cerca atribuye a los distintos objetos reales para designarlos. Si el grupo es numeroso, la eficacia de semejante sistema es innegable: permite una comunicación eficaz y tanto más rica cuanto más preciso y sofisticado sea el conjunto de sonidos que designa al mayor número posible de objetos, reales o abstractos.



La Torre de Babel, obra de Brueghel el Viejo. Esta historia recogida en la Biblia alude a la aparición de los idiomas.

# A LOS IDIOMAS

Probablemente los primeros lenguajes fueron tan simples que los sonidos serían muy pocos y fáciles de compartir por los individuos. Quizá incluso fueran sonidos que aunque aparecieran en muy diversas zonas geográficas, tuvieran características comunes; una especie de lenguaje único muy primitivo. Pero es probable que con la complejidad creciente de los conceptos atribuidos a cada sonido aparecieran diferencias en los distintos grupos humanos, diferencias que seguramente fueron tanto más grandes cuanto más lejos se encontraran unos de otros.

Es probable, sí; pero no lo sabemos... Ni siquiera sabemos cómo fueron aquellos lenguajes primitivos de los primeros humanos inteligentes, hace ya muchos miles de años. Ni si hubo alguna vez algo así como el lenguaje único, madre de todos los idiomas que luego fueron surgiendo.

## El mecanismo de la fonación

La única vía para explorar la cuestión quizá consista en analizar con detalle lo que significa hablar, la evolución probable de las palabras y, más adelante, de su gramática, es decir, la forma en que se com-

binan esas palabras para formar elementos de comunicación más complejos y ricos, que hoy llamamos frases. Pero para hablar hace falta que el cerebro sea capaz de iniciar esa tarea, y que luego exista en algún lugar del cuerpo, en este caso la garganta y la boca, la capacidad de *fonar*, es decir, de emitir sonidos sumamente complejos.

Sin embargo, ninguna de las estructuras implicadas en la producción de la voz humana estaba destinada, al menos inicialmente, a ese cometido fonador. No existe, pues, un único aparato vocal, claramente diseñado por la evolución

para que nosotros podamos hablar, sino que ha sido un conjunto de tareas realizadas por diversos órganos que, todos juntos, permiten esa complejidad de nuestro lenguaje.

Esos órganos son muchos, en realidad, al margen de la boca y garganta, los más evidentes. Nuestro complejo sistema vocal es al tiempo un instrumento de viento y de cuerda: el fuelle de los pulmones produce el aire, el oscilador de las cuerdas vocales situadas en la laringe modula ese soplo inicial en diferentes sonidos, y los distintos resonadores lo enriquecen y diversifican. La resonancia final depende de muy diversas cavidades: la garganta profunda, la boca, las fosas nasales, la caja torácica, el estómago, incluso el cráneo...

Por lo tanto no emitiríamos sonidos con la boca si no respiráramos; parece una afirmación banal, pero resulta esencial porque la respiración acompasada es necesaria simplemente para sobrevivir, puesto que el organismo necesita una ración constante de oxígeno. Por eso es más difícil hablar cuando se hace un ejercicio físico violento, y si se consigue hacerlo es de manera entrecortada; no tenemos aire para tanto...

En todo ese sistema, el emisor principal de sonido es el formado por las cuerdas vocales. Tienen una longitud de unos dos centímetros y medio en los hombres y algo menos en las mujeres, y están compuestas por una pareja de músculos y ligamentos muy finos y recubiertos por una mucosa. Tienen un color blanquecino, casi anacarado y se disponen horizontalmente entre dos cartílagos de la laringe que pueden moverse un poco: por fuera el tiroides (la *nuez*, que es más saliente en los hombres) y por dentro el aritenoides. Como esos dos cartílagos pueden desplazarse lateralmente e incluso pivotar, eso permite que las dos cuerdecitas vocales adopten posiciones variadísimas y, por tanto, puedan emitir sonidos también muy variados tanto en tono (agudos o graves)

como en timbre (calidad del sonido). La tercera característica de los sonidos, la intensidad, depende mucho más de la fuerza del fuelle pulmonar, es decir de la cantidad y velocidad del aire que expulsamos a través de las cuerdas vocales.

Con las cuerdas vocales podemos, pues, producir toda clase de sonidos, más o menos graves o agudos, más o menos modulados, incluso más o menos fuertes en función de la fuerza con la que los



Las máscaras teatrales permitían amplificar la voz.

pulmones emiten aire. Pero estos sonidos han de transformarse, para convertirse en lenguaje, en voz. Es decir, en fonemas que luego den lugar a las palabras. Esa transformación es muy compleja. En primer lugar, el sonido generado por las cuerdas pasa por la faringe, que es una especie de encrucijada entre tubos: las vías aérea y digestiva. Y de ahí desemboca en nuevos tubos: los conductos nasales y luego las fosas nasales, la propia cavidad bucal y, por debajo la laringe donde estaban las cuerdas. Los nombres de estos lugares son bastante obvios: rinofaringe y nasofaringe, por encima del velo del paladar; orofaringe entre el paladar y el hueso hioides, y laringofaringe, que va hasta la entrada del esófago.

Todos ellos juegan un papel básico como resonadores primarios y permiten así la transformación de los sonidos de

las cuerdas vocales. Por ejemplo, amplificando unas frecuencias y amortiguando otras, con lo que no sólo se consiguen sonidos más o menos amplificadas, y más o menos agudos o graves, sino sobre todo muy distintas “mezclas de frecuencias”, que en eso consiste precisamente el timbre. Las diferentes posiciones del velo del paladar, de la lengua y los dientes, y de los labios, y al mismo tiempo el volumen y la forma que pueda adoptar el espacio global de la faringe, también modifican el sonido final a partir del que se genera en las cuerdas vocales de la laringe. Todo ello, en suma, para convertir sonidos en lenguaje.

Por ejemplo, la vocal *a* requiere un pequeño rebajamiento de la mandíbula y de la lengua, lo que reduce la cavidad faríngea, mientras que la *i* requiere que la lengua se desplace por delante del paladar, además de elevar ligeramente la laringe, todo lo cual amplifica un poco esa misma cavidad faríngea. Por su parte, casi todas las consonantes dependen de la posición de la lengua en la boca —más atrás, o pegada a los dientes...— y también de los labios. Y así sucesivamente.

O sea que para la producción de sonidos en bruto son esenciales los pulmones —para insuflar aire— y las cuerdas vocales de la laringe —para producir los distintos sonidos—. Pero para hablar, son igualmente importantes otros órganos que son los que nos dotan de la capacidad de poseer un lenguaje. De hecho, pulmones y laringe tienen muchos mamíferos —el perro ladra, e incluso produce distintas formas de ladrido—, y otros animales modulan sonidos con la boca —el pico de las aves, el mugido de la vaca, que es amplificado en la boca—. Pero ningún animal posee la enorme variedad de moduladores de sonidos que tenemos los humanos para poder articular un lenguaje complejo, con muchos fonemas y miles de palabras. Algo que, además, pudo enriquecerse gracias al hecho de andar erguidos, que entre otras consecuencias dio

lugar al retroceso y posterior elevación de la cabeza, como una especie de efecto de báscula compensatoria, de modo que la base del cráneo tuvo una pequeña flexión, el cuello sobresalió y la laringe descendió. Esto último parece haber sido determinante para la palabra ya que pudo liberar una extensa zona faríngea cuya importancia para el lenguaje articulado acabamos de ver con cierto detalle. Aunque todo esto, si es que ocurrió así realmente —hay quien lo está poniendo en duda recientemente—, tuvo que pasar muy lentamente, en varios millones de años, y por mutaciones al azar.

## Gramática innata

En todo caso, no hace mucho que los humanos fuimos capaces de pronunciar palabras. Y, con ellas, pudimos elaborar frases, es decir, crear una gramática. ¿Gramática?

Quizá todos hayamos pensado alguna vez que este sustantivo representa lo más odioso de un idioma, el conjunto de reglas que rigen a la hora de comprendernos todos de la misma manera, al menos dentro de un único ámbito lingüístico. Pero la gramática dejó de ser un sistema más o menos arbitrario de reglas para definir un idioma cuando el antropólogo y lingüista Noam Chomsky demostró que se trataba más bien del producto de un sistema cognitivo que poseen universalmente todos los humanos. Dicho de manera más sencilla, la gramática es inherente a nuestra especie, no es un invento posterior una vez que nos hubimos dotado de lenguaje.

Numerosos experimentos avalan este punto de vista revolucionario, al menos respecto a lo que anteriormente se había pensado. Por ejemplo, el hecho de que todos los niños antes de los cinco años son capaces de producir e interpretar con cierta coherencia frases que nunca aprendieron anteriormente. No necesitan, pues, aprender gramática en el colegio; es algo innato. Los psicólogos conductistas siempre apostaron por la idea de que el lenguaje derivaba de las respuestas a estímulos exteriores. Pero si somos capaces desde muy pequeños de comprender o elaborar frases mediante

una combinación nueva de palabras es porque no hay respuesta posterior sino inclinación previa, innata.

¿Por qué es revolucionaria esta idea? Sencillamente porque sería la base de una teoría del lenguaje anterior a los idiomas. Y, en efecto, esta corriente de pensamiento, que parece dominar ya al final del siglo XX el mundo de la lingüística, interpreta que los casi seis mil idiomas que conocemos en el planeta —además de los muchos que ya han desaparecido— comparten un conjunto de reglas y principios sintácticos, algo así como una gramática universal. Lo que significaría para alguien venido de otra galaxia que, aunque el vocabulario sea completamente ajeno el uno al otro, los idiomas de los terrícolas son en realidad el mismo.

Según esta idea, parece obvio que existen en el cerebro humano, en todos los cerebros humanos, unas estructuras universales del lenguaje que se inscribirían bajo la forma de un determinado circuito neuronal que se hace patente ya incluso en los niños más pequeños. Los psicolingüistas modernos han podido, en efecto, identificar incluso en bebés muy pequeños la posibilidad de identificar fonemas básicos. Y, lo que aun suena más sorprendente, fonemas de cualquier idioma, algo que los adultos ya no sabemos hacer. Los bebés humanos nacen, pues, con unas determinadas capacidades y, esencialmente, la predisposición a adquirir un idioma completo; cualquier, idioma, dicho sea con precisión. Luego, el contacto con el idioma de los padres les va llevando a adoptar esos fonemas concretos, llegando a perder finalmente, al menos en gran parte, la capacidad de reconocer otros diferentes.

Con todo, aún quedan preguntas por contestar. Por ejemplo, si la adquisición del lenguaje responde o no a la presencia en el cerebro de un módulo, de un conjunto de neuronas, especializado y muy específico. O bien, si esta aptitud de los humanos, incluso bebés, tiene o no un origen evolutivo porque, de alguna manera, confiere a los que la poseen una ventaja selectiva concreta.

Esta segunda pregunta es bastante curiosa, porque podríamos aplicarla a la

extraña desaparición de los otros humanos inteligentes que existieron en la Tierra además de nosotros, los neandertales. Todavía no sabemos bien por qué dejaron de estar casi de golpe hace 30.000 años, cuando era listos como nosotros e incluso seguramente más fuertes. Hay quien piensa, por ejemplo, que pudo ser debido a que no adquirieron esa aptitud del lenguaje complejo y que eso les puso en desventaja. La teoría tuvo mucho éxito cuando Chomsky revolucionó el mundo de la lingüística con sus propuestas, pero recientes estudios parecen indicar que no iban por ahí las cosas porque, al parecer, cromañones —nosotros— y neandertales, cuando convivieron sin mezclarse, poseían similares capacidades de lenguaje.

En realidad, el propio Chomsky rechazó el debate evolucionista “adaptativo” afirmando hace pocos años que para él la facultad del lenguaje apareció probablemente como un accidente fortuito. Una ventaja evolutiva evidente,

PUBLICIDAD

@JAEN directo



Conecte con su caja desde casa...



CAJA DE JAEN

www.cajaen.es

pero como todas, al azar, por alguna mutación que tuvo éxito. Y que luego la selección natural ejerció su ley a partir de esa ventaja obtenida por los primitivos humanos por azar.

En todo caso, lo que sí sabemos es que hace unos 100.000 años los humanos casi inteligentes de la época apenas sumábamos unos pocos miles en todo el planeta. Y, a la vista de todo lo que hemos ido analizando, cabe la pregunta: ¿hablaban un idioma común? O bien, ¿comenzaron a hablar distintos idiomas desde el principio debido a la dispersión geográfica de los distintos grupos?

### ¿Existió un idioma original común?

No podemos entrar en un debate de especialistas que aun no hay sido resuelto. Lo único que ha de quedar claro es que las lenguas actuales, casi 6.000 en todo el mundo como ya hemos visto, sin duda descienden de aquel idioma primitivo, que quizá fueron unos cuantos más o menos parecidos. Por otra parte, las pruebas materiales de la evolución de las lenguas sólo abarcan periodos recientes de la historia humana; recuérdese que las primeras tablillas sumerias datan de hace 5.300 años. Antes de esa fecha, todo son conjeturas.

Mucho más interesante, o al menos más fácilmente abordable, resulta el debate en torno a la clasificación de las lenguas, según distintos criterios. Por ejemplo, la clasificación tipológica que busca parecidos entre los objetos que uno pretende clasificar, sin interrogarse por su origen. Un ejemplo de estas tipologías sería el orden de las funciones sintácticas Sujeto-Verbo-Predicado en una frase; o bien el número de fonemas de cada idioma, y así sucesivamente. Otra forma de clasificación apela, en cambio, al origen eventualmente común

de las lenguas que hoy existen. Esta clasificación genealógica se basa en la lingüística histórica basada en la gramática comparada.

Ambos sistemas son imperfectos. Por sólo citar un ejemplo, la clasificación genealógica nos induciría a un error en el caso de las palabras *fuego* en



Las tablillas sumerias son el primer testimonio documental del lenguaje escrito.

español, *feu* en francés y *feuer* en alemán. Claramente parecen tener idéntico origen; pues no, las palabras española y francesa proceden del latín *focus*, mientras que la alemana procede del griego *pyros*. Basta con saber, algo que en este caso es fácil porque hay mucha literatura comparada y comparable, que la *p* griega se transforma en la letra alemana *f*, del mismo modo que la *p* latina da *f* en otro idioma germánico, el inglés (de *pater*, *father*).

Con todo, combinando todos los métodos de clasificación, se ha llegado

a cierto consenso respecto a las grandes familias idiomáticas del mundo de hoy. En Eurasia, África y Australia hay unas 18 familias (la nuestra es la indoeuropea), y en América en cambio se han identificado en torno a 200 familias, naturalmente agrupando a menos idiomas y hablados por muchas menos personas. El chino mandarín es la lengua más hablada (la familia se llama chinotibetana), casi 900 millones de personas.

Le siguen el hindi (familia indoeuropea, como nosotros) con 400 millones, el español con 350 millones, el inglés con 330 y el árabe con algo más de 200 millones. Luego el bengalí con 200 millones, el portugués con 180 y el ruso con 160.

En cambio, las Américas son un mosaico increíble. Basta decir que, exceptuando América del Norte, en el resto existen 400 idiomas que hablan en total sólo 26 millones de personas. Y nadie ha podido hasta la fecha agrupar estos idiomas indígenas en unas pocas familias; es más casi parecen idiomas monofamiliares, es decir que cada familia de idiomas apenas cuenta uno o como mucho unos pocos miembros.

Son rarezas de la actual especie humana, en la que unos pocos idiomas parecen comenzar a dominar sobre todos los demás. Por cierto, uno podría pensar que hoy todo el mundo habla inglés; quizá sea cierto a la hora de viajar, comerciar o entenderse. Pero hasta aquí sólo hemos aludido a los idiomas en su vertiente original, es decir lo que habitualmente conocemos como idioma materno. Con todo, los casi mil millones de personas que hablan mandarín dan que pensar... A lo mejor para acercarse al gigante asiático más nos vale aprender su idioma que no empeñarnos en que ellos hablen inglés... o español. ■



*El Gobierno y las comunidades autónomas intentan paliar con diferentes medidas la despoblación que afecta a las zonas rurales del interior del país*

# España, sola como la una

**Desde finales de los sesenta, la situación de muchos de los pueblos y zonas rurales del interior de nuestro país ha sufrido un cambio que ha sumido a estas áreas en la más absoluta despoblación.** En busca de una mayor calidad de vida y de oportunidades de trabajo, la población se concentra en los grandes núcleos urbanos y en el litoral español. Mientras, los pequeños municipios buscan en las ayudas públicas y en la llegada de nuevos vecinos, muchos de ellos inmigrantes, un atisbo de esperanza. ■ POR **Manuel Muñoz Rojo**, PERIODISTA.

ES UNA TARDE LLUVIOSA DE OTOÑO y la pequeña María despierta en un pequeño pueblo del centro de España. El humo de las chimeneas se entremezcla con la niebla de la mañana. El desayuno, la hoguera, la lumbre, el hogar, día de escuela, bullicio de la chiquillería por las calles. Vida rural en estado puro. Estampas de historia eterna que se han perdido, y que va a ser complicado recuperar. Simplemente, por un motivo: porque no hay gente.

La despoblación ha afectado inexorablemente a una buena parte de las zonas rurales de España. La alta montaña, como la de Huesca —la provincia española con más municipios deshabitados, con más de 300—; Soria en Castilla y León; la Sierra Norte de Guadalajara, con 4,2 habitantes en cada uno de sus más de 3.300 kilómetros cuadrados, y Extremadura, son algunos de los lugares más afectados.

Uno de los fenómenos que más incide en esta despoblación es el éxodo rural,

un proceso que se aceleró con la Revolución industrial y, sobre todo, a partir de la segunda mitad del siglo XX. Se suele considerar un tipo especial de migración porque no sólo se cambia de lugar de residencia, sino también de profesión, dadas las diferencias geográficas tan grandes que existen —en oportunidades, número y características de los diferentes tipos de empleo— entre el campo y la ciudad. Estas nuevas posibilidades y la ausencia de futuro en los pueblos dejaron vacías numerosas zonas de España a par-



DIPUTACIÓN DE GUADALAJARA



**Guadalajara es una de las provincias españolas más afectadas por el problema de la despoblación de los núcleos rurales.**

tir de los años setenta. Por poner algunos ejemplos, la villa de Escamilla, en La Alcarria de Guadalajara, disminuyó su población de 591 personas en 1960 a tan solo 40 habitantes en el 2005, por el citado éxodo rural y el envejecimiento.

Según señala el periodista y escritor Raúl Conde en su artículo *Despoblación, ¿hay vida más allá del turismo?*, el abandono del medio rural en España ha avanzado de forma alarmante. Dice Conde que, “según publicaciones del grupo Leader, más de 6.000 municipios españoles, lo que representa un 75% del total, tienen menos de 2.000 habitantes, de modo que en ellos sólo vive un 7% de la población”. Estos datos serían “el resultado de la emigración a las grandes capitales durante las décadas de los sesenta y setenta. Además, la población rural está masculinizada y envejecida, y la despoblación afecta sobre todo a las provincias de la gran meseta central. Las menores densidades de población (inferiores a 25 habitantes por kilómetro cuadrado) se dan en Guadalajara, Teruel, Huesca, Soria, Burgos, Palencia, Zamora, Ávila, Segovia, Cuenca, Albacete y Cáceres”, asegura.

### **Ayudas públicas**

Cuando un municipio se queda sin habitantes la vida va desapareciendo en un lento proceso de *destilación* que si no se

le pone freno antes, finaliza en la parálisis fulminante, el abandono y la ausencia. Es el momento de actuar, y para ello deben entrar en juego las administraciones públicas.

Un ejemplo de medida para paliar la despoblación lo tenemos en la provincia de Guadalajara. Recientemente, y con el objetivo de dinamizar a los municipios de menos de 250 habitantes, la Diputación de Guadalajara ha puesto en marcha una nueva línea de subvenciones para sufragar las cuotas que tienen que pagar a la Seguridad Social los vecinos con comercios o establecimientos de hostelería en estas localidades. De esta manera, se trata de apoyar el mantenimiento de la actividad comercial en el medio rural.

La presidenta de la Diputación Provincial de Guadalajara, María Antonia Pérez León, subraya el papel esencial que desempeñan los pequeños comercios en los pueblos de esta provincia del centro de España. “No sólo ofrecen un servicio básico acercando a los vecinos alimentos y muchos otros productos de primera necesidad, sino que actúan también como punto de reunión y centro neurálgico en la vida del pueblo y en las relaciones entre los vecinos. Por eso, mantener abiertos estos negocios es esencial para que nuestros pueblos sigan teniendo vida y, a veces,

una pequeña ayuda supone un revulsivo suficiente para conseguirlo”, ha señalado recientemente.

La presidenta, además, recuerda que el trabajo de la institución debe orientarse a “superar obstáculos que frenan el desarrollo de nuestros pueblos —en especial de los más pequeños—, crear fuentes de empleo y actividad económica, fijar población y, en definitiva, ofrecer mejor calidad de vida a todos sus habitantes”. Por su parte, la diputada delegada de Promoción Económica en Guadalajara, Covadonga Pastrana, explica que esta nueva línea de subvenciones está dotada este primer año con 70.000 euros, y que podrán optar a ella los establecimientos existentes antes de la fecha de convocatoria que cumplan los requisitos exigidos en relación con el perfil de la actividad, los horarios de apertura y la titularidad. “Están dirigidas a bares y comercios ubicados en núcleos de población con menos de 250 habitantes, que estén abiertos al menos cinco días a la semana y en horario de mañana y de tarde”, explica.

Esta iniciativa ha sido muy bien acogida entre los profesionales del sector de estas zonas despobladas, los futuros beneficiarios. Miguel García tiene una pequeña tienda en Peralejos de las Truchas. Vende pan, comida y también productos artesanos para los turistas que



DIPUTACIÓN DE GUADALAJARA



Umbralajo es un ejemplo de pueblo recuperado, gracias a un proyecto del Ministerio de Educación.

llegan al Alto Tajo. Abre todos los días, pero asegura que casi no le compensa. “El negocio se mantiene gracias al verano y a los puentes, que es cuando viene gente, pero entre semana estamos haciendo una especie de servicio social para la población. Y es que un pueblo como Peralejos de las Truchas tiene dos realidades, una de fin de semana, cuando viene todo el turismo, y otra los días de diario, en la que no llegamos ni a los 100 habitantes. Yo abro mi establecimiento todos los días de la semana, pero de lunes a viernes lo hago para dar servicio al pueblo. Desde el punto de vista empresarial, no es rentable”, señala Miguel. Por ese motivo, este comerciante considera que la iniciativa de la Diputación de Guadalajara es una idea excelente que ayudará a hacer más llevaderos los duros inviernos.

Algo parecido opina Pedro López, propietario de una pequeña panadería en Tamajón, a las puertas de la Sierra Norte de la provincia de Guadalajara. Allí se abastecen los turistas que entran a la Ruta de la Arquitectura Negra, pero sólo llegan los fines de semana. “Según se están poniendo las cosas, ahora viene muy bien esta ayuda. La cuantía no sé si será la suficiente pero toda ayuda es muy buena. El fin de semana se da bien, porque somos una bollería que lle-

vamos bastantes años y eso es lo que nos salva. Yo en el día a día no amortizo el gasto que tengo por abrir mi establecimiento, si no fuera por el fin de semana...”, comenta.

Son dos ejemplos, pero hay muchos más repartidos por toda la provincia. Ellos cumplen una labor social, casi vital, y eso es lo que ha querido valorar la Diputación. La diputada de Promoción Económica, Covadonga Pastrana, insiste en que son “conscientes de esa labor eminentemente social que esos bares y esas tiendas tienen en esa población. No dejan de ser un lugar de reunión, un lugar de encuentro de los vecinos, un espacio vital. Si en estos pueblos cerrasen estos comercios, daría la impresión de que están muertos, y eso es lo que se trata de evitar con esta nueva línea de ayudas”.

#### Una nueva ley de desarrollo rural

Consciente del apoyo que necesitan las zonas rurales y más despobladas del país, el Gobierno de España, a iniciativa del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y en colaboración con once departamentos ministeriales más, ha aprobado la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural, cuyo objetivo es lograr el mantenimiento de la población rural y la mejora de sus condiciones de vida y rentas. El texto destaca la

importancia que tiene el medio rural en el conjunto del Estado, al suponer el 90% del territorio y un tercio de los ciudadanos. Además abarca la práctica totalidad de los recursos naturales del país y una muy significativa parte del patrimonio cultural. Con esta ley, se pretende incrementar y coordinar mejor la atención que las diversas administraciones públicas dispensan a las zonas rurales. Además, va a permitir establecer políticas de carácter horizontal en el medio rural en materias como educación, cultura, sanidad, vivienda, transporte, comunicación entre territorios y seguridad, para favorecer su desarrollo sostenible, fortaleciendo la cohesión territorial, económica y social. La ley pone especial énfasis en el desarrollo de colectivos considerados prioritarios, propiciando la incorporación de activos rurales jóvenes que permitan el mantenimiento de la población, a la vez que fomenta la igualdad y la promoción de la mujer. Todas las actuaciones que se vayan a realizar serán recogidas y coordinadas en un Programa de Desarrollo Rural Sostenible que tendrá carácter plurianual, y que será sometido a informe del Consejo para el Medio Rural, que integra a la administración central, las comunidades autónomas y las entidades locales. ■

*El entomólogo Pedro Velasco guarda en su casa una colección con más de 60.000 ejemplares de insectos y arañas procedentes de todo el mundo*



# LA CASA DE LOS INSECTOS

**¿Es posible vivir en una casa con 60.000 insectos?** Pedro Velasco lo ha conseguido. No es una locura, se trata de su pasión desde pequeño. Toda una vida recorriendo los rincones más fascinantes del mundo en busca de estas pequeñas joyas de la naturaleza, le ha permitido atesorar una de las colecciones privadas más valiosas de insectos de España. Aunque afirma que no los colecciona como sellos o cromos, sino con fines educativos y de divulgación científica. ■ POR Julián Pérez, PERIODISTA.

**P**ISAMOS LO QUE HAY A NUESTRO alrededor y nos movemos sin tener en cuenta nuestro entorno”. Ese entorno al que alude el entomólogo Pedro Velasco, le ha permitido coleccionar y conservar en su casa más de 60.000 insectos y arácnidos. Vive en las faldas del Guadarrama madrileño y reconoce que ya hace 40 años, “desde chiquitito”, le llamaba más la atención lo que veía a su alrededor “que jugar al fútbol”.

Velasco se refiere a las mariposas, a los escarabajos, a las arañas y hasta a los escorpiones, reunidos desde su infancia y también en expediciones científicas por diferentes ecosistemas del planeta. Y es

que esa afición se ha convertido en su profesión y en objeto de su dedicación exclusiva. Incluso reconoce que de niño los cogía y se los metía en los bolsillos. Ahora, con cuidado y dedicación, los ordena y coloca por todo su hogar. Un hogar, por cierto, en el que es bienvenido cualquier insecto, aunque se atreva a pisar cucarachas porque “hay que eliminarlas cuando abundan en una casa”.

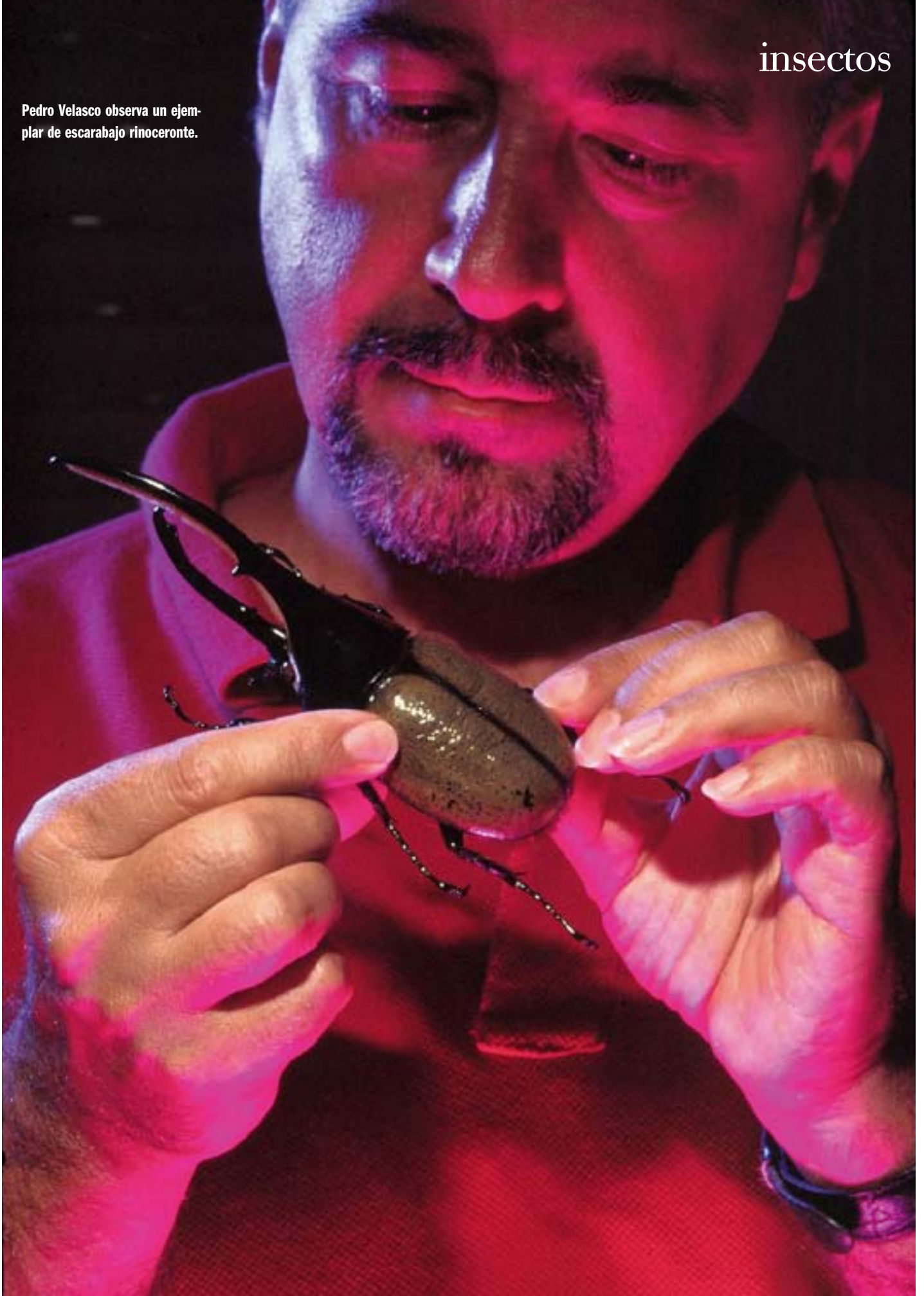
Pedro Velasco se ha hecho con auténticas joyas de la naturaleza como las mariposas de alas de pájaro de Papúa, el escarabajo Goliat de África Central, el *Titanus giganteus* —el escarabajo más grande— o el *Plusiotis*, un escarabajo de color oro

localizado fundamentalmente en Costa Rica. Algunos ejemplares pueden verse en estanterías especiales diseminadas por las diferentes habitaciones y organizadas por continentes. Otros los conserva en un almacén y un laboratorio construido en su casa. Además, para mantener la colección cuenta con Paloma Delgado, su mujer, con quien comparte tareas de investigación.

Los pasillos del hogar de Pedro Velasco son en sí mismos atracción y fuente de conocimiento. Es difícil dar un paso sin sorprenderse por la presencia de algún insecto extraño o, por qué no, de otro de lo más común. Pero no sólo los hay dise-

Pedro Velasco observa un ejemplar de escarabajo rinoceronte.

PEDRO VELASCO



## Grandes conocedores de insectos

La Guayana francesa, Nepal, Malasia, Venezuela o la Patagonia... Cualquier rincón rebosante de naturaleza está en el punto de mira de los entomólogos, porque allí se encuentran desde los más comunes a los más extraños insectos, desde los clasificados a los que aún son desconocidos. Los profesionales naturalistas están preocupados por la pérdida de contacto del hombre con su entorno natural. Ellos van en busca de ese contacto respetuoso, cargan su mochila con las provisiones básicas y se embarcan en una aventura tan divertida como dura. Lo más difícil es aclimatarse al lugar, saber por dónde pisan y estar pendientes de aquello que buscan. La escolopendra, el escarabajo japonés, las mantis religiosas, las mariposas caimán, los insectos palo y hasta las cucarachas o los mosquitos han sido y son el objetivo de entomólogos consagrados como Ignacio Bolívar, que en los años treinta y cuarenta descubrió más de mil especies nuevas, o Francesc Español Coll, que fundó la bioespeleología en España. José María de la Fuente, Ferrer Longinos, Francisco de Paula y Anselmo Pardo completan la lista de los entomólogos españoles más prestigiosos del siglo XX. Pedro Velasco se ganará, casi sin duda, un buen puesto entre los más destacados del XXI. ■



Arriba, Pedro Velasco recogiendo ejemplares de insectos en la isla de Reunión, en el océano Índico y clasificándolos. Abajo, de izquierda a derecha, imagen de una trampa nocturna de insectos, y de Pedro Velasco fotografiando una mariposa y revisando su colección de coleópteros.



cados, también podemos encontrar insectos vivos a los que alimenta diariamente y para los que mantiene una temperatura y humedad adecuadas —no en vano muchos de ellos pertenecen a especies tropicales—. Si bien los disecados que forman parte de su colección científica también necesitan determinadas atenciones para evitar la aparición de polillas u otros bichos que acaben con ellos. Según nos

cuenta Velasco, hasta la fecha se han clasificado más de un millón de tipos de insectos y se descubren otros nuevos cada día. Pero son más de 26.000 las especies de insectos que se extinguen anualmente, algunas sin ni siquiera haber sido identificadas, lo que amenaza el equilibrio natural.

Este entomólogo admira por igual a todos los insectos. La finalidad de su tra-

bajo es divulgativa y educativa, y por eso, cada día observa y estudia detalladamente sus “diminutos tesoros”. Aunque a veces no sean tan pequeños como pueda pensarse. Por ejemplo, la araña Goliat, su arácnido preferido, “es del tamaño de un centollo”, dice entre risas: la *Theraphosa blondi*, un manjar exquisito en algunos países del cono sur, “mide 25 centímetros y tiene un pelaje de color marrón pardo”.



## Las mariposas, un tesoro de la biodiversidad

El escritor vanguardista Ramón Gómez de la Serna escribió: “La mariposa, al cerrar las alas, pellizca dulcemente el aire”. Tanto las mariposas metalizadas del Nuevo Mundo, como las mariposas de alas de pájaro de Papúa o las mariposas ibéricas pueden considerarse tesoros de biodiversidad y fieles indicadores de la buena salud de nuestro entorno. “Nos indican que el lugar en el que se encuentran está limpio y que, aparentemente, conserva su estructura primaria, con unas buenas condiciones para que estos insectos puedan subsistir”, cuenta Pedro. Sin embargo, el cambio climático afecta a su existencia: “Las mariposas están desapareciendo, aunque nadie las mate directamente: el cambio climático está acelerando la extinción de muchas variedades”. Pedro Velasco lo sabe bien, y lo ha dejado plasmado en su obra *Nuestras mariposas, tesoros de biodiversidad*.



Aunque son unos de los insectos más antiguos que pueblan la tierra ya no encuentran lugares donde poder vivir. “Mucha gente, por ejemplo, está muy interesada en protegerlas y conservarlas porque son muy bonitas y con mucho colorido, y luego resulta que van por el campo, ven una oruga y la pisan. Esa oruga fea, el día de mañana, se hubiese convertido en una bella mariposa”, advierte. ■

**Una muestra de la excepcional colección de mariposas que posee Pedro Velasco.**

Con sus exposiciones, Velasco quiere “que tanto los niños como los adultos dejen de imaginarse a las arañas como las protagonistas crueles de la literatura y el cine fantástico”. De hecho, apunta, no debemos olvidar su lado positivo: “Dentro de la cadena alimenticia, las tarántulas se encargan de regular el número de insectos que existen”. Entre los más peligrosos podría destacarse la vinchuca, que se suele encontrar en algunas comunidades indígenas de Sudamérica. Se trata de un chinche que transmite el “mal de Chagas”, una enfermedad degenerativa mortal.

De vez en cuando algún amigo se anima y le hace una visita, porque estar en su casa es como pasear por un insectario, aunque dice que los fondos que tiene no son visitables para el público en general. La suya es sólo una colección privada.

Quien quiera puede admirar muchos de sus hallazgos en las más de sesenta exposiciones itinerantes que ha organizado a través de Microfauna Exposiciones, empresa de la que es director. La última de ellas se denomina *Continentes vivos* y actualmente recorre los museos de ciencias más importantes de España. Además, ha organizado otras como *Vivitos y coleando*, *Tarántulas en acción* o *Los tesoros de las selvas*. También ha creado el insectario del Safari Madrid, el Insectario-Polinario de Faunia y hasta la serie para televisión *Universo insólito*.

Pedro Velasco recuerda siempre que coleccionar por coleccionar no hace más que amenazar la biodiversidad, la vida entera. Para él, la conservación es primordial en su campo de estudio. Y prosigue con su labor: viaja, conoce, conserva y difunde... Así, todos sabremos un poquito más de este mundo animal. ■

Arañas comepájaros, arañas mono, arañas pollito... son también de un tamaño considerable. “Algunas comen ratones, otras insectos”, y necesitan vivir en un lugar lo más parecido a su hábitat natural. No todas son agresivas; atacan si se ven amenazadas, así que “no muerden porque sí”. Eso sí, su mordedura puede resultar mortal, aunque aún se desconoce con exactitud su toxicidad respecto al hombre.

## Los premios Nobel de ciencia 2008

Como todos los años, en otoño la Academia de Ciencias de Suecia ha hecho públicos los nombres de los premiados con los Premios Nobel en sus tres categorías científicas: Fisiología y Medicina, Química y Física. ■ POR Manuel Toharia.

### Medicina y fisiología

En medicina, la Academia se acuerda por fin del sida y de los científicos que nos han ayudado a entender mejor el origen de la enfermedad, y además valora notablemente los trabajos que han conducido a la primera vacuna contra un determinado tipo de cáncer femenino.

Aún no hay cura para el temible sida, pero sí disponemos ya de métodos de diagnóstico y tratamiento de enorme interés, gracias a los trabajos de muchísimas personas. Entre ellas, los descubridores del virus VIH. Estaba cantado que tarde o temprano Luc Montagnier sería premiado; fue el auténtico descubridor del virus, a pesar del acuerdo, a la vez diplomático y económico, que concluyeron los gobiernos francés y americano cuando decidieron que la autoría sería compartida con

Robert Gallo. Porque todo el mundo sabía que Gallo se había apropiado de unas cepas virales que le había remitido el propio Montagnier. Ahora el Nobel pone las cosas en su sitio. La sorpresa quizá haya sido la presencia de su colaboradora, y efficacísima científica, sin cuya tarea callada y llena de tesón Luc Montagnier nunca hubiera conseguido nada. El Nobel compartido con la doctora Françoise Barré-Sinoussi es sin duda una de las decisiones más justas del Comité Nobel en los últimos años, especialmente significativa por tratarse precisamente de una mujer, mucho menos famosa que su colega. Ambos trabajaban juntos en el ilustre centro público de investigación científica, el Instituto Pasteur de París. Hoy, Barré-Sinoussi sigue allí, pero Montagnier lo dejó para presidir la Fundación Mun-

dial para la Investigación y la Prevención del Sida.

La otra mitad del premio ha recaído este año en un alemán, Harald zur Hausen, quien había relacionado experimentalmente el cáncer de útero, que es el segundo más frecuente en mujeres tras el de mama, con un virus humano, un miembro de la familia de los HPV (siglas en inglés de papilomavirus humano, una familia de virus algunos de los cuales provocan este cáncer). Gracias a estos trabajos hoy no sólo tratamos mejor la enfermedad sino que, además, hemos conseguido una vacuna que bloquea al virus responsable. El doctor Hausen trabaja en el Centro Alemán para el Tratamiento del Cáncer, en Heidelberg.

### Física

Tres científicos japoneses, uno de ellos posteriormente nacionalizado america-



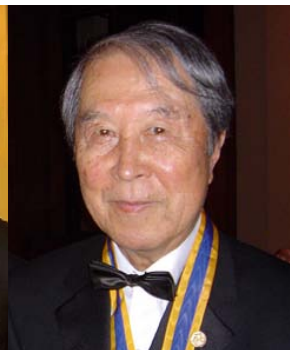
Luc Montagnier.



Françoise Barré-Sinoussi.



Harald zur Hausen.



Yoichiro Nambu.

no, son los receptores del Premio de Física de este año. Sin que haya la menor duda acerca de la importancia de los premiados, no ha dejado de causar cierta sorpresa en el mundo de la física teórica. Y es que, en el campo de la física de partículas, los avances teóricos —esencialmente matemáticos— y luego experimentales han sido tan novedosos y revolucionarios que es difícil limitarse a tres investigadores.

Yoichiro Nambu, nacido en Tojio, es quizá el más indiscutible, no tanto por haber descubierto lo que el Comité Nobel cita en su comunicado —darle sentido a los procesos de ruptura de la simetría que se habían comenzado a observar desde épocas tan lejanas como 1928— sino por muchas otras aportaciones teóricas del máximo interés. Entre ellas, como una generalización necesaria para la disimetría entre materia y antimateria, la formulación de una nueva teoría general, la cromodinámica cuántica, que unifica tres de las cuatro fuerzas del Universo (la gravitación queda fuera, y ése es hoy un enigma extraordinario que otras aportaciones teóricas, aún por verificar, intentan explicar).

Nambu es considerado igualmente como uno de los principales *padres* de la todavía por verificar teoría de cuerdas, donde un teorema esencial lleva su nombre, asociado al de otro científico japonés que según muchos expertos merecía igualmente el premio Nobel, llamado Tetsuo Goto. La interacción Nambu-Goto parece esencial en la teoría de cuerdas. Asimismo las partículas sin masa que aparecen en la teoría de campos en los que se produce la ruptura espontánea de simetría suelen ser denominadas como bosones Nambu-Goldstone. Por cierto, son muchos los que afirman igualmente que Jeffrey Goldstone, que ya había trabajado en pie de igualdad con dos Nobel, Salam y Weimberg, hubiera merecido el premio tanto como Nambu. Aunque se dice que lo compartirá con el británico Peter Higgs si al final se descubre en el LHC el famoso bosón de Higgs.

En cuanto al equipo formado por Makoto Kobayashi y Toshihide Maskawa, también ha desarrollado su trabajo en la frontera de la física superpequeña. Kobayashi, Maskawa y el italiano Nicola Cabibbo. Predi-

jeron en los años setenta la existencia de tres tipos de quarks como explicación para un suceso espontáneo pero muy raro, la ruptura de la simetría entre partículas confinadas y ligadas entre sí mediante propiedades cuánticas. Hasta el año 2001 no se encontraron pruebas experimentales que apoyaran la teoría, que ahora es algo sólidamente asentado y base de nuevos descubrimientos actuales y futuros.

En conjunto, los tres premiados merecían indudablemente el premio Nobel, pero no tiene sentido alguno que se les premie a ellos y no a Goldstone —en el caso de Nambu— y Cabibbo, junto a Maskawa y Kobayashi...

### Química

Por último, el Nobel de Química ha sido otorgado a los americanos Osamu Shimomura, Martin Chalfie y Roger Tsien. El primero nació en Japón, pero, al igual que en el caso de Nambu, posee la nacionalidad estadounidense. Sus trabajos les llevaron a descubrir, identificar y desarrollar la producción de una extraña proteína, la GFP o proteína fluorescente verde, que ilustra algunos pro-

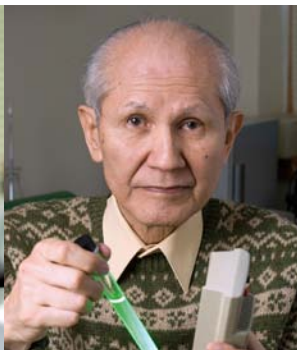
cesos clave de la biología de los organismos. Entre ellos, la propagación del cáncer en los seres vivos. Aunque tiene una importancia más como señal indicadora de procesos complejos y difíciles de entender que como remedio terapéutico. Eso sí, gracias a ella disponen los especialistas hoy de una herramienta sumamente útil para identificar la progresión de otras proteínas en los organismos, lo que ayuda a identificar reacciones biológicas hasta entonces inexplicadas e ininteligibles. Cuando esta proteína es expuesta a una luz ultravioleta, despiden una luz verde brillante. Es posible utilizarla, pues, como marcador del desplazamiento de otras proteínas a las que podría adherirse. Shimomura fue el primero que extrajo la GFP de la medusa *Aequorea victoria*, y también fue el primero que observó que, al ser iluminada con luz ultravioleta, brillaba con un color verde. Chalfie por su parte fue el primero que usó la GFP como marcador. Y, finalmente, Tsien consiguió modificar la proteína para producir nuevos marcadores, cada uno de ellos con un color distinto, a base de utilizar el código de la proteína original. ■



Makoto Kobayashi.



Toshihide Maskawa.



Osamu Shimomura.



Martin Chalfie.



Roger Tsien.

# S

por  
Manuel Toharia

# R

# B

# I

# E



**La ciencia de la salud: mis consejos para una vida sana**

**Valentín Fuster, con la colaboración de Josep Corbella**

**Editorial Planeta Barcelona, 2007**

Uno de nuestros médicos más eminentes, presidente de la Federación Mundial del Corazón y director del Instituto Cardiovascular del importante hospital neoyorquino del Monte Sinaí, se atreve a darnos consejos sencillos para vivir más saludablemente, que es lo mismo que vivir más y mejor. Para ello ha contado con la colaboración de un excelente periodista científico del diario barcelonés *La Vanguardia*, con el fin de que el texto pudiera ajustarse a los límites de lo comprensible, sin perder por ello ni un ápice de rigor e interés. Este libro había sido editado antes del que recogía las conversaciones del doctor Valentín Fuster con el doctor —en economía— y escritor José Luis Sampedro, que ya hemos comentado en las páginas de *Estratos*. Pero su enorme éxito entre el gran público —es fácil de encontrar en

los aeropuertos y estaciones de tren— merece que lo comentemos, aunque inicialmente lo habíamos dejado pasar debido a que el contenido de estas páginas no es elástico.

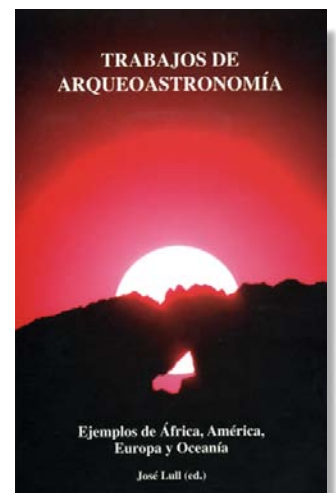
Lo que Fuster preconiza es la sencillez, pero rigurosa, a la hora de vivir y, sobre todo, de alimentarnos y divertirnos. De pasada, ofrece consejos muy pertinentes sobre cuestiones aparentemente anodinas pero que causan angustia a muchas personas: cómo conseguir un peso adecuado y mantenerlo, cómo dejar de fumar y no recaer, cómo sobrevivir al estrés... El libro no habla de una vida ideal, casi monástica, sino de la vida cotidiana de cada uno de nosotros. Y aborda los muchos problemas que suelen aparecer en unos u otros momentos: el peso, la dieta, el colesterol, la actividad física, la tensión, el alcohol, el tabaco, el estrés, la tristeza, incluso la felicidad... Lo bueno es que el libro no prohíbe nada —“hasta una salchicha de Frankfurt puede formar parte de la dieta, en según qué condiciones...”—, no impone a rajatabla regla alguna, pero sí nos hace reflexionar acerca de aquello que podríamos estar haciendo mal con el fin de ir poco a poco corrigiéndolo. Con especial énfasis en el exceso de peso, aunque sea poco, y en la necesidad de comer poco, variado y a menudo. Una vez más, recordando al Quijote, habría que decir aquello “de grandes cenas están las sepulturas llenas”. Aunque los libros de salud sue-

len poner nerviosos a los angustiados, en este caso el texto destila bonhomía, tranquilidad y serenidad razonable. Resulta incluso relajante, y sus enseñanzas son la mejor vía para vivir un poco más y un poco mejor. Que no es poco decir. ■

**Trabajos de arqueoastronomía. Ejemplos de África, América, Europa y Oceanía**  
**José Lull, editor**  
**Agrupación Astronómica de la Safor**

**Gandía (Valencia), 2006**

Llega a nuestra redacción una publicación modesta en cuanto a la apariencia pero de más que notable interés para todos los que se interesan por la astronomía desde su vertiente más cultural, más histórica. Lo edita muy dignamente una agrupación de aficionados a la



astronomía, radicados en Gandía y que cubre toda la comarca de la Safor, bajo la coordinación de uno de sus mejores expertos en estas cuestiones, José Lull. El libro consta de doce capítulos escritos por diversos especialistas nacionales —destacan al respecto Juan

Antonio Belmonte, quizá el más renombrado de nuestros arqueoastrónomos y catedrático de astrofísica en La Laguna, y el propio José Lull— e internacionales— como el inglés Clive Ruggles, el alemán Rolf Krauss, el colombiano Juan David Morales, el polaco Stanislaw Ivaniszewski y el mexicano Jesús Galindo—, en torno a temas muy variados relacionados con el pasado de esta ciencia basada en mirar al cielo y preguntarse por sus leyes. Desde los secretos de las tumbas megalíticas hasta los enigmas de las culturas centroamericanas, pasando por las pirámides de Egipto, las observaciones en la antigua Polinesia, los conventos de los franciscanos en la Edad Media... Solemos pensar que hasta la llegada del anteojo, que por primera vez utilizara con fines astronómicos Galileo, nada o casi nada había ocurrido en el mundo de esta ciencia. Pero hay evidencias remotísimas que nos llevan a pensar que desde el principio los *Homo sapiens sapiens* nos hemos preguntado por qué los puntitos de luz del cielo nocturno se movían como se movían, por qué el Sol sale por un lado y se pone por el otro, por qué la Luna tiene un periodo de vida que se puede dividir fácilmente en cuatro grupos de siete días... Los trabajos que se agrupan en este libro de casi 300 páginas han sido cuidadosamente editados por José Lull, pero es obvio que algunos temas, y sobre todo algunos autores, son especialmente apasionantes. El tono general,

a pesar de haber sido escritos por científicos de alto nivel, es muy comprensible, incluso a veces bastante divertido, y siempre apasionante. ■

**Un planeta en busca de energía**  
**Pedro Gómez Romero**  
**Editorial Síntesis,**  
**patrocinado por la**  
**Fundación Española**  
**de Ciencia y Tecnología**  
**Madrid, 2007**



Comienza a ser frecuente, afortunadamente, el hecho de que los científicos escriban para el gran público. Pedro Gómez, investigador del Instituto de Ciencias de Materiales (CSIC) en Barcelona, también escribe frecuentes artículos divulgativos y éste es su segundo libro en el que aborda, de nuevo, el tema del planeta. Pero no tanto sobre su metaevolución, como en su primer trabajo, sino sobre algo mucho más concreto: la energía. No es fácil conjugar la ecuación que algunos llaman de las tres *e*: economía, energía y entorno (en ocasiones llamado medio ambiente). Es obvio que el mundo necesitará cada vez más fuentes de

energía, no ya para los países ricos, que aunque siguen creciendo lo hacen ahora más lentamente, sino para los países emergentes, y esencialmente China e India, cuyas necesidades de energía crecen exponencialmente en función de su acelerado desarrollo económico. El problema es que las fuentes esenciales son fósiles, y por tanto no renovables; se agotan, o se agotarán, pues. Pero, ¿podríamos vivir igual de bien gastando menos energía, y no más? El libro del doctor Gómez Romero describe cómo nuestro planeta azul se ha hecho dependiente del oro negro, lo que nos ha llevado a un desarrollo que ya no es sostenible. Habremos, por tanto, de cambiarlo, voluntariamente y con menos coste, u obligadamente, cuando no haya más remedio; y entonces el precio a pagar podría ser muy alto, no sólo en dinero sino en otros problemas globales, como por ejemplo el cambio climático o la perpetuación del hambre en los países más pobres. Suponiendo, que ya es suponer, que hoy estemos haciendo todo lo posible por remediar esos y otros problemas globales. En todo caso, el libro resulta de interés porque no sólo describe sino que propone. Y eso es de agradecer; no basta ya con informar neutralmente acerca de lo que ocurre sino que hay que estimular en los lectores el espíritu crítico y fomentar el debate, aportando soluciones que a lo mejor no son las mejores, pero al menos proporcionan argumentos para poder debatir. ■

# SUSCRIPCIONestratos

Nombre y apellidos

Domicilio

CP

Población

e-mail

Provincia

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

•••• Una apuesta segura  
en ingeniería nuclear.



[www.iberinco.com](http://www.iberinco.com)

División de Generación Nuclear

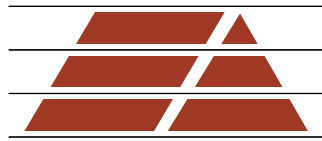
Telf.: +34 91 383 31 80

Fax: +34 91 767 59 23



**IBERDROLA**

Ingeniería y Construcción



# 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](http://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.

# INITEC NUCLEAR, MÁS DE 30 AÑOS TRABAJANDO CON ENERGÍA.



Apoyo a la explotación de C.N.Ascó I y II y C.N.Vandellós II.



Restauración de Minas de Uranio Abandonadas.



Desmantelamiento de la C.N.Vandellós I.



Centro de Almacenamiento de Residuos de Baja y Media Actividad en El Cabril.

INITEC NUCLEAR lleva más de tres décadas aportando soluciones al Sector Eléctrico. Participando activamente en el diseño y explotación de centrales nucleares. Gestionando el tratamiento y almacenamiento de residuos radioactivos. Desarrollando proyectos de clausura y desmantelamiento de instalaciones. La experiencia acumulada a lo largo de estos años le permite

participar en proyectos tanto nacionales como internacionales en países como USA, Reino Unido, Italia, China y Europa del Este. Su demostrada experiencia, la profesionalidad de su personal y su alto nivel tecnológico hacen que INITEC NUCLEAR pueda afrontar nuevos retos.

Trabajando con energía dentro y fuera de nuestras fronteras.



## INITEC NUCLEAR

Calidad por sistema

[www.initecnuclear.com](http://www.initecnuclear.com)

C/ Padilla, 17. 28006 MADRID. Tel.: 91 210 64 10. Fax: 91 210 65 43. e-mail: [info@initecnuclear.com](mailto:info@initecnuclear.com)

Grupo Westinghouse Electric Company L.L.C.