



**Cristina Garmendia, ministra de Ciencia e Innovación: "Hay que traducir en riqueza el potencial científico español"**



**Tan urbanas como los semáforos, muchas especies singulares conviven con el hombre en las grandes ciudades**



**Almacenamiento temporal de combustible gastado: una tecnología madura y contrastada**

# estratos

**Empresa Nacional de Residuos Radiactivos N.º 95 Verano 2010**

**España crece bajo el mar**



•••• Una apuesta segura  
en ingeniería nuclear.



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

División de Generación Nuclear

Telf.: +34 91 383 31 80

Fax: +34 91 767 53 89



**IBERDROLA**

Ingeniería y Construcción

# Un ejercicio pleno de actividades de gran calado



EL 14 DE JUNIO SE PRESENTÓ ANTE la Junta General de Accionistas de Enresa el Informe Anual de la empresa del año 2009. El pasado ejercicio fue, tal y como se puso de manifiesto ante los accionistas de la compañía, un ejercicio pleno de actividades de gran calado.

Por un lado, a finales de 2009 se vivió uno de los hitos más esperados: la convocatoria pública para la selección de municipios candidatos a albergar el Almacén Temporal Centralizado y su Centro Tecnológico Asociado, un proceso que, a buen seguro, marcará la actividad de Enresa en el futuro.

Si en gestión de residuos radiactivos 2009 será un año a recordar por el paso dado para el futuro almacén de combustible gastado, también se puede destacar el pasado ejercicio como esencial en el desmantelamiento de centrales nucleares.

La central nuclear José Cabrera recibió, en el mes de noviembre, el informe favorable al Plan de Desmantelamiento por parte del Consejo de Seguridad Nuclear. Esta circunstancia, unida al fin de las tareas previas al proceso, permitió que, a principios de 2010, se concediese el cambio de titularidad de la instalación y se iniciase su desmantelamiento.

El Cabril recibió el pasado año 1.825,67 metros cúbicos de residuos radiactivos de baja y media actividad, en un ejercicio marcado por la constante actividad y por un relevo en la dirección: Carlos Pérez Estévez cedió el testigo a Eva Noguero que, desde el mes de diciembre, dirige la instalación cordobesa.

Nuevos proyectos de I+D en el Centro Tecnológico Mestral, situado en la antigua central nuclear Vandellós I (Tarragona), y las actividades de desmantelamiento dentro del Plan Integral de Mejora de Instalaciones de Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) son otras de las actividades que más nos han ocupado en 2009.

La complejidad de los mercados financieros no ha impedido que Enresa siguiera gestionando el Fondo para la Financiación de Actividades del Plan General de Residuos Radiactivos con criterios de seguridad, rentabilidad y liquidez. En diciembre de 2009, dicho Fondo alcanzó los 2.531,98 millones de euros, con un rendimiento acumulado del 4,6%.

Todas estas actividades las hemos podido compartir con multitud de políticos, vecinos, estudiantes, empresarios, científicos o periodistas que han participado en visitas a las instalaciones que gestiona Enresa o en jornadas dirigidas al conocimiento y entendimiento de nuestra actividad. Es por eso que, de una manera segura y firme, comprobamos un cambio de tendencia en la percepción de nuestra actividad, orientada a la protección del medio ambiente. ■

*José Alejandro Pina*  
Presidente de ENRESA

# estratos

N<sup>o</sup> 95 VERANO 2010

30

## Vecinos silvestres

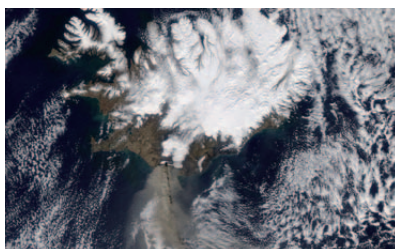
Carlos Egio



44

## Cenizas para enfriar el clima

José María Montero



52

## Vida fuera de la Tierra: ¿posible, probable, segura?

Manuel Toharia

56

## La montaña de sal de Cardona

Jesús Ávila



34

## Mecanismos de toma de decisiones en los países de la OCDE para el emplazamiento de instalaciones de residuos radiactivos (I)

José Luis González y Mariano Molina

48

## Gulliver en el país de los científicos

Pablo Francescutti



40

## Tecno@rt 2010: el inevitable encuentro del arte y la tecnología

Jesús Vicenti

4 Actualidad

60 Noticias de ciencia y tecnología

62 Libros

64 Una imagen, cien palabras

Fondo marino (iStockphoto)



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

**Seguimiento:** Teresa Palacio.  
**Redactores y colaboradores:** Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Cristina López-Quero, Roberto Loya, Inmaculada G. Mardones, José María Montero, Manuel Muñoz, Julián Pérez Olmos, Mónica Salomone, Juan Tena, Jesús Vicenti.

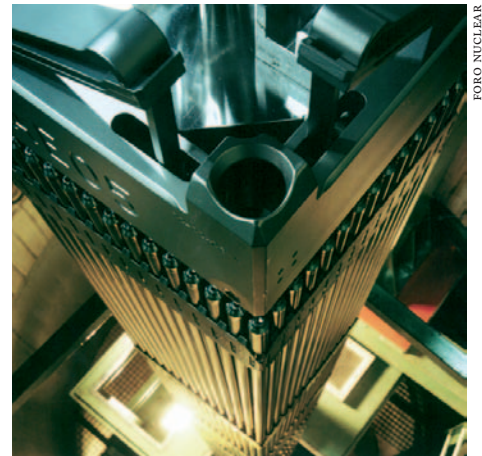
## 10

### Tecnologías de almacenamiento temporal de combustible gastado

Cualquier opción de gestión final del combustible nuclear gastado requiere una o varias etapas de almacenamiento temporal. Existen diversas tecnologías, en piscina y en seco, cuya elección depende de las cantidades a almacenar y de los plazos.

**Technologies for the temporary storage of spent fuel (page 12).**

Texto: Pablo Zuloaga, Juan Martínez Abad y Maribel Rivera



FORO NUCLEAR

## 20

### Entrevista a Cristina Garmendia, ministra de Ciencia e Innovación

Doctora en biología genética y empresaria, Cristina Garmendia se incorporó al Gobierno en 2008 con el objetivo de convertir el conocimiento científico y tecnológico español en crecimiento económico. Cuando se han cumplido dos años de su mandato, cree que es “el momento” de que ese potencial se traduzca en la riqueza y el bienestar que el país precisa en estos momentos de crisis.

Texto: Concha Barrigós



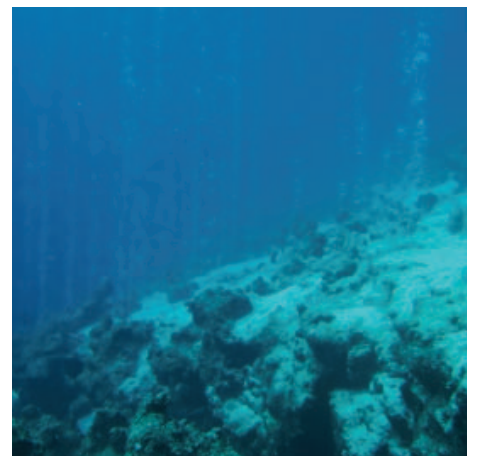
MICINN

## 24

### España crece bajo el mar

España aumentará en los próximos años más de la mitad de su actual superficie. Y no será arrebatando territorio a nuestros vecinos, sino por el fondo del mar, frente a nuestras costas. De acuerdo con la Convención de Naciones Unidas sobre Derecho del Mar, nuestro país extenderá sus fronteras —y los derechos de exploración y explotación de los recursos no vivos— desde los límites submarinos con Irlanda hasta Mauritania, salvo el tramo que corresponde a Portugal. En total serán unos 370.000 km<sup>2</sup>.

Texto: Gustavo Catalán



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

**Publicidad:** Corporación Asesora. 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, Valportillo Segunda, 7. 28108. Alcobendas. Tel. 91 121 78 00.  
**Impresión:** Gráficas Caro. Gamonal, 2. Polígono Industrial de Vallecas. Madrid. Tel. 91 777 30 74.  
**Depósito Legal:** M-7 411-1986.

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

*Tan urbanas como los semáforos o el asfalto, un buen número de especies animales singulares han decidido convivir con el hombre en las ciudades*

Un halcón peregrino sobrevuela los rascacielos de Madrid. A la derecha, técnicos controlan la suelta de ejemplares y comprueban el proceso de inseminación en el laboratorio.

## VECINOS SILVESTRES

**Abruptos acantilados, bosques, roquedos, lagos...** Aunque a simple vista nos resulte difícil imaginarlo, de esta manera ven nuestras ciudades algunas especies que, sin que muchas veces nos demos cuenta, conviven con nosotros entre las prisas y el tráfico. Para halcones, pequeñas rapaces nocturnas como los autillos, gaviotas e incluso murciélagos gigantes, nuestras avenidas, fachadas, parques y estanques no son otra cosa que una recreación de sus hábitats naturales.

■ POR **Carlos Egio**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

←← RABAJAMOS EN ELLAS; ALLÍ COM-  
pramos, nos desplazamos median-  
te el transporte público, llevamos  
↑ a nuestros hijos a la escuela, asistimos a  
conciertos y exposiciones. Según el Fondo Monetario Internacional, en 2008 más de la mitad de la población mundial habitaba ya en las ciudades. Se trata de una proporción que no ha dejado de crecer en las últimas décadas. Esto tiene una explicación, la urbe se ha convertido en el ecosistema humano por ex-

celencia. Aquí nos relacionamos con otros individuos de nuestra especie, tenemos acceso a los alimentos, refugio y una cierta seguridad... pero no sólo nosotros. Al igual que Don Quijote confundía los molinos con gigantes, un buen número de especies que podríamos considerar silvestres cree ver acantilados donde hay edificios, bosques donde hay jardines o cuevas en las alcantarillas.

No es sólo que las construcciones urbanas tengan cierto parecido con su

hábitat, es que incluso este entorno aparentemente inhóspito puede reportarles importantes ventajas, como “la ausencia de los depredadores que sí están presentes en su medio original, mayor facilidad para encontrar alimento o, en invierno, una temperatura más benigna”. Así lo considera Manuel Cremades, biólogo de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad de la Región de Murcia y autor del libro *Aves urbanas de Murcia*.

## El halcón peregrino sobrevuela Madrid

El papel del halcón peregrino es fundamental para el equilibrio de diferentes ecosistemas. Con esta idea presente y con el objetivo de reintroducir la especie en la Comunidad de Madrid, donde se estima que había descendido un 25% en los últimos años, en 2008 surgió el Proyecto Hacking. La Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental (FIDA), en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, realiza la introducción en la naturaleza y en la ciudad de aves criadas en cautividad, a través de nidos artificiales y sin tener contacto con el criador. En el casco urbano de Madrid hay tan sólo tres parejas de halcones que anidan de manera natural y estable y por ello, el proyecto propuso establecer en Torre Europa, en el complejo de Azca, uno de esos nidos artificiales. Tras comprobar el éxito de la iniciativa, en enero de 2010 se colocó una caja-nido natural en la azotea del edificio, de forma que se pueda establecer allí de manera definitiva alguna pareja de halcones. Los datos avalan el proyecto: la tasa de supervivencia de los pollos de esta especie en la naturaleza está en torno al 35% y el 40%, y sin embargo, el Proyecto Hacking ha logrado que de los dieciséis ejemplares soltados hasta la fecha sólo tres perecieran, es decir, una supervivencia que ronda el 80%. ■



FIDA

SEO / BIRDLIFE



Uno de los pollos de halcón peregrino nacidos en la torre del Museo de América de Madrid.

Eso mismo debieron pensar Beltrán, Virtudes y Berta, los tres primeros halcones peregrinos (*Falco peregrinus*) que nacieron en la torre del Museo de América de Madrid. Al eclosionar el huevo, en su primer vistazo al mundo, pudieron fijar su mirada no sólo en las nevadas sierras del norte de la capital y en el bosque de El Pardo, sino también en un horizonte dominado por rascacielos como la Torre Picasso o los imponentes edificios de la Cuatro Torres Busi-

ness Area. En marzo de 2007, técnicos de la Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife) colocaron dos cajas nido en diferentes puntos de la torre para que las habitara alguna de las parejas de esta especie que se veían sobrevolando la zona y, apenas unos días después, ocuparon una de ellas. La pareja que la habitó se adaptó tan bien a su nuevo hogar que ha conseguido criar durante tres años consecutivos y ocupar un pequeño espacio en la agenda informa-

tiva de mayo, el mes en que esta especie lleva a cabo sus puestas.

Y no son los únicos de la capital. Según el grupo conservacionista, esta especie, considerada como vulnerable en el Catálogo de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid, también puede encontrarse en el Retiro, en el Hospital Gómez Ulla y hasta en las proximidades de la mismísima M-30. Actualmente, el Gobierno regional, a través del Proyecto Hacking, ha conseguido que otra pareja anide en Torre Europa, en el complejo de Azca. Mientras, el resto de parejas que habitan en la región prefiere espacios como la Sierra de Guadarrama o los cortados fluviales de los ríos Henares, Jarama y Tajo.

### Donde tú ves..., yo veo...

Que unos elijan habitar en edificios y otros en acantilados no es casual. Según explica Miguel David Aguilar, de la Asociación Hombre y Territorio, "las paredes y los muros de los edificios reproducen condiciones físicas comparables a las de los ambientes naturales rocosos". De hecho, "los centros históricos, con una gran variedad de edificaciones, con ale-



ros, tejados y pequeñas azoteas, son focos de atracción para la fauna por la riqueza y variedad de ambientes que ofrecen”.

No en vano, esta asociación, que surgió en Andalucía en 2003, cuenta entre sus proyectos de educación ambiental con uno dirigido exclusivamente a la fauna urbana. De este modo, han creado una base de datos con un listado de las especies que se pueden encontrar en cada uno de los entornos urbanos en esta comunidad.

Y no sólo los edificios son inesperados acantilados. Según nos cuenta el naturalista, las calles arboladas actúan como redes verdes de circulación que facilitan el movimiento de las aves; los parques y jardines, como bosques, e incluso los túneles del metro y el alcantarillado, como cuevas. Estos últimos, con una temperatura y humedad elevadas, constituyen un ecosistema singular ideal para los artrópodos (grillos, escarabajos, mariposas nocturnas, cucarachas...) y la rata gris.

### El extraño caso del murciélago gigante

Entre los animales que habitan las ciudades se pueden encontrar verdaderas joyas de la fauna ibérica. Un caso muy particular, por lo escaso y lo llamativo, es el del nóctulo gigante (*Nyctalus lasiopterus*), el único murciélago carnívoro que habita fuera del trópico y que tiene una de sus mayores poblaciones europeas en el parque de María Luisa de Sevilla, con unos quinientos ejemplares.

Con casi 50 gramos de peso y 45 centímetros de envergadura, este mamífero volador ostenta el orgullo de ser el mayor murciélago de Europa. Y no sólo eso. Según demostró hace tres años un equipo de investigadores de la Estación Biológica de Doñana (dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas), se alimenta cazando pájaros en vuelo, algo que hasta entonces se creía exclusivo de algunas especies de halcones del Mediterráneo.

Esta especie representa claramente algunos de los problemas que sufren los animales que deciden hacer de los espacios humanizados su lugar de residencia. Según cuenta Carlos Ibáñez, profesor de investigación del Departamento de Ecología Evolutiva de la Estación Biológica, en 2001 se detectó en el jardín del Alcázar de Sevilla una segunda población de unos cincuenta ejemplares. Estos quirópteros que viven en los árboles, prefieren los más longevos, que además suelen ser los que poseen oquedades, donde se refugian.

Pero muchas veces la convivencia no es fácil. Los excrementos y la orina de los nóctulos gigantes aceleran la descomposición de las ramas de estos árboles, facilitando su rotura. Los árboles huecos “se consideran un problema tanto en los parques urbanos, donde pueden dar lugar a accidentes, como en las masas forestales, por posibles problemas fito-



Arriba a la izquierda, un nóctulo gigante, a su lado, una pareja de gorriones y debajo, una rata gris.

sanitarios o de plagas”, afirma Ibáñez. En enero de 2002 “se cortó uno de los dos árboles que albergaba esta especie de nóctulos porque estaba en mal estado y podía provocar algún accidente si se partía alguna rama”. Por eso, los científicos propusieron, y lo hicieron en colaboración con el Patronato del Real Alcázar, construir cajas refugio alejadas de los árboles que pudieran acogerlos. Sin embargo, “hasta el momento no han sido ocupadas por el *Nyctalus lasiopterus*, aunque no se pierde la esperanza de que lo hagan próximamente”.

Pero, ¿por qué estos animales escogen los jardines urbanos para anidar? Para el científico del CSIC, la principal explicación está en que en los jardines históricos hay un mayor respeto por los árboles añosos y con agujeros que en los bosques originales en los que habita-



## Aves urbanas más comunes en España

Las más corrientes son el gorrión común (*Passer domesticus*), el avión común (*Delichon urbicum*), el vencejo común (*Apus apus*), la paloma bravía (*Columba livia*), ya sea en su forma doméstica o cimarrona, y la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*).



Arriba, un mirlo y, sobre estas líneas, un vencejo.

ban, ahora “sometidos a planes de aprovechamientos y tratamientos fitosanitarios”. Por otro lado, puede que en el pasado, un bosque de galería próximo fuera su lugar de refugio histórico.

### Echando una mano

Hay otras especies que reportan importantes beneficios. Para el biólogo Manuel Cremades, “debería valorarse el importante papel de las aves insectívoras, como los aviones y vencejos, en el control de algunos insectos perjudiciales y molestos”.

Este último, similar a una golondrina pero de mayor tamaño y plumaje totalmente oscuro, cumple una importante labor social. Desde SEO/Birdlife alertan: “En nuestro país, la práctica totalidad de los vencejos comunes (*Apus apus*) cría en grietas y agujeros en los tejados, y se están viendo afectados por la sustitución de edificios antiguos por otros más modernos, que raramente ofrecen lugares aptos para su nidificación”. Por eso, la Sociedad Española de Orni-

En jardines y parques suelen estar el mirlo (*Turdus merula*), el petirrojo (*Erithacus rubecula*), el carbo-

nero común (*Parus major*), el papamoscas gris (*Muscicapa striata*), la curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*) y la gaviota reidora (*Larus ridibundus*).

Si la ciudad la surca un río también encontraremos ejemplares de gallineta común (*Gallinula chloropus*), focha común (*Fulica atra*), garceta común (*Egretta garzetta*) y zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*).

En ciudades del centro-oeste español, sobre todo con un importante casco histórico, no es raro que haya cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*), cernícalo primilla (*Falco naumanni*), grujilla (*Corvus monedula*), chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) y urraca (*Pica pica*). ■

Fuente: Manuel Cremades.

tología propone “encarecidamente” a arquitectos, aparejadores y paisajistas la instalación de cajas nido en los edificios de nueva construcción, en la restauración de fachadas y en rehabilitaciones. El fin: mejorar la biodiversidad de los hábitats urbanos y controlar de una manera gratuita las poblaciones de moscas, polillas y otros insectos voladores, gracias a un ave que, a diferencia de otras de las que podemos encontrar en la ciudad, ni ensucia las fachadas, ni es excesivamente ruidosa. Y quién sabe, quizá además inspire a poetas; si lo pudieron hacer las golondrinas con Bécquer...

El naturalista Miguel David Aguilar, de Hombre y Territorio, recuerda que “los bloques de edificios de perfil recto y sin huecos son difícilmente colonizados por la vegetación pionera ni sirven para la nidificación de las aves, llegando a su extremo en los modernos edificios de fachadas lisas, con planchas y cristales, resultado de la reciente vorágine simplificadora, que merma enormemente la biodiversidad de nuestra ciudad”. No obstante para la arquitecta Ana Belén Fuentes se trata de un asunto “complejo”. “En general los desechos de las aves son corrosivos para los materiales de fachada, por lo que la tendencia es a ahuyentarlas”, argumenta. Aunque no es siempre así; proyectos innovadores como el jardín vertical de Herzon y De Meuron, junto al CaixaForum de Madrid, o el parque Enric Miralles, en Barcelona, podrían propiciar la presencia de estas especies, añade. “En gene-

ral los franceses tienen más tradición paisajística y esto se traduce en el diseño de jardines y parques urbanos, de manera que dan el paso a pensar en las especies que pueden instalarse”. También es interesante el ejemplo de los huertos urbanos autorizados por el ayuntamiento de la capital catalana y que empiezan a tener cierto éxito, comenta.

Aunque las aves son el grupo animal más reconocido en la fauna urbana, no son el único. También tienen su papel los mamíferos. Además del ya citado murciélago gigante, en los oscuros y malolientes túneles del alcantarillado y el metro habita una especie que, si bien rara vez inspirará a los poetas y está asociada a enfermedades, cumple una importante función. La presencia de una población controlada de rata gris (*Rattus norvegicus*), explican en la Fundación Hombre y Territorio, es positiva ya que, al remover los restos que se van hacinando en las alcantarillas, evitan acumulaciones peligrosas de gas metano y otros vapores explosivos.

Después de echar un vistazo a algunas de las especies emblemáticas que nos acompañan en la ciudad —aunque quedaron de lado muchas otras, como la cigüeña blanca, el cernícalo primilla o la gaviota reidora, esta última con una importante colonia en los vertederos de Madrid—, parece que el título de una de las obras maestras del cine negro de todos los tiempos, *La jungla de asfalto* de John Huston, podría aplicarse a cualquiera de nuestras urbes. ■