

MEDIO CASTILLA-LA MANCHA AMBIENTE

Primavera 2024 • Nº 37

EN ESTE NÚMERO

→ **SUCCISELLA
ANDREAE-MOLINAE**
Un endemismo bético
recientemente descubierto
en la Serranía de Cuenca

→ **LIFE RIBERMINE**
Restauración ecológica
y paisajística holística

Consejo de redacción:

Esther Moreno Carrasco
Sagrario Fernández Sánchez
María Luisa López Iglesias
Francisco Plaza Torres
María del Carmen García Olaya
Carlos Serrano García

Colaboradores:

Javier de la Villa Albares
Óscar García Cardo

Fotografía:

Archivo fotográfico de la Consejería
de Desarrollo Sostenible
Autores de los artículos

Edita:

Consejería de Desarrollo Sostenible
C/ Río Estenilla, s/n, 45071 Toledo
Tlf.: 925 28 68 82 - Fax: 925 28 68 86
e-mail: revistama@jccm.es

Diseño y maquetación:

Rail Comunicación

Depósito Legal:

AB-190-2007

ISSN:

1579-7589

Fecha de edición:

Noviembre 2023



Castilla-La Mancha



La dirección de esta publicación no se hace responsable del contenido de los artículos y colaboraciones que contiene, siendo responsabilidad de sus autores.

En este número

03 Editorial

04 *Succisella Andreae-Molinae*,
un endemismo bético recientemente
descubierto en la Serranía de Cuenca

▶ BOLETÍN DE ÁREAS PROTEGIDAS

24 La restauración ecológica y paisajística
holística de Life Ribermine

34 Breves

36 Y tú, ¿cómo lo ves?



Fotografía de portada:

Gagea
Óscar García Cardo

Vivimos en un planeta con recursos finitos, pero en el que la demanda de materias primas no deja de aumentar. Extraemos recursos del suelo con una voracidad que no sólo compromete la disponibilidad a largo plazo de esos propios recursos, sino que además produce un importante impacto ambiental en el entorno. Todos podemos tener en mente la imagen de una extracción minera a cielo abierto, y la alteración que produce en el relieve y en el paisaje. Y no se trata de un impacto meramente estético, ya que se cambia la configuración y funcionalidad de los ecosistemas, en muchos casos de forma definitiva e irreparable.

Se trata de un problema cuya solución estamos obligados a buscar en primer término en la prevención. Debemos ir hacia un uso y consumo más racional de los recursos, que nos permita reducir esa demanda de materias primas. La aplicación de los principios de la economía circular, alargando la vida útil de los productos, y mejorando la recuperación de los recursos contenidos en los residuos de esos productos, se revelan como elementos clave en la prevención de los impactos derivados de la extracción de materias primas.

Pero incluso si logramos avanzar en esta dirección, va a seguir siendo necesario buscar medidas para corregir y revertir los impactos producidos en el pasado, y los que deban asumirse de forma imprescindible en el futuro. De este tema se ocupa el artículo principal del presente número de la revista, que nos habla

de RIBERMINE, un proyecto LIFE que pretende demostrar que a día de hoy contamos con el conocimiento y las herramientas necesarias para reconstruir ecosistemas y paisajes funcionales en espacios transformados por actividades extractivas. El proyecto ha sido coordinado por la Dirección General de Transición Energética de la Consejería de Desarrollo Sostenible, y ha contado con la colaboración de la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Castilla-La Mancha, la Universidad de Alcalá de Henares, la Universidad de Zaragoza, la Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Juan Carlos I, la empresa minera CAOBAR S.A, la empresa pública GEACAM, S.A. y la asociación portuguesa Centro Ciencia Viva de Lousal.

En la sección dedicada a biodiversidad nos ocupamos del descubrimiento en la Serranía de Cuenca de una planta que hasta ahora se pensaba que era un endemismo bético con una zona de distribución entre el sur de la provincia de Albacete y la provincia de Jaén. La población descubierta en Cuenca nos da una mejor imagen de la distribución real de la planta, y nos aporta información sobre la dinámica histórica de la vegetación en el corredor que conecta el norte de África con los Sistemas Béticos y el Sistema Ibérico meridional.

Además, también incluimos un nuevo número del boletín de áreas protegidas, y nuestras secciones habituales de noticias breves, y de fotografía (Y tú, cómo lo ves?).

Succisella Andreae-Molinae

Un endemismo bético recientemente descubierto en la Serranía de Cuenca

Óscar García Cardo.

Delegación de Desarrollo Sostenible en Cuenca.

El descubrimiento de esta nueva especie ha supuesto actualizar la taxonomía del género, y revisar pliegos de herbario erróneamente identificados hasta la fecha. Su localización en la Serranía Baja conquense, refuerza la hipótesis sobre las rutas migratorias vegetales que afectan al centro de la Península Ibérica.



Fig. 1. *Succisella andreae-molinae* de la Serranía Baja conquense.



Fig. 2. Detalle de fructificación de *Succisella andreae-molinae*.

La familia de las dipsacáceas está representada en la Península Ibérica por once géneros, uno de ellos es *Succisella*, el cual fue descrito en el año 1983 por el botánico austroalemán Günther von Mannagetta und Lärchenau Beck. A nivel mundial este género se compone de cinco especies: *S. carvalhoana*, *S. microcephala*, *S. andreae-molinae*, *S. inflexa* y *S. petteri*, todas ellas nativas de Europa y las tres primeras endémicas de la Península Ibérica.

Hasta finales del siglo XX las dos únicas especies del género *Succisella* reconocidas en la Península Ibérica eran *S. microcephala* y *S. carvalhoana*, la primera distribuida por el centro (Ávila, Cáceres y Ciudad Real) y la segunda parcialmente solapada con ésta y ampliando su distribución más hacia el oeste (Ávila, Cáceres, Madrid, Salamanca, Toledo, Valladolid y Zamora).

Es en el año 1954 cuando se recolectan en el río Madera (Jaén) los primeros ejemplares del género *Succisella* en el contexto de los Sistemas Béticos; que con los medios e información disponibles en aquel momento fueron identificados como *Succisa microcephala* (sinónimo de *Succisella microcephala*), determinación que se mantuvo y se arrastró los años venideros en los trabajos y estudios de flora y vegetación de este territorio. En el año 1994 Adrián Escudero y Santiago Pajarón se percatan de que la ecología de estos ejemplares béticos no encaja con los de las especies descritas previamente en la Península Ibérica; esto, sumado a la importante disyunción geográfica existente con las poblaciones de *Succisella microcephala* más cercanas, parecía dar peso a la hipótesis de estar ante una nueva especie a la que denominaron *Succisella andreae-molinae*, cuya validez taxonómica quedaría afianzada por sus caracteres taxonómicos diferenciales (forma y pelosidad de las hojas y de las piezas florales) y su sólida entidad corológica (ESCUDERO & PAJARÓN, 1994).

El descubrimiento y descripción de esta nueva especie en los Sistemas Béticos conllevó la revisión de antiguas referencias bibliográficas y pliegos de herbario erróneamente identificados hasta la fecha; esto, sumado al descubrimiento de nuevas poblaciones, ha permitido en los últimos años delimitar con bastante precisión su área de distribución natural.

En la actualidad, *Succisella andreae-molinae* está considerada un endemismo bético, que se distribuye desde las Sierras del Segura en Jaén y norte de Granada (Sierras de la Guillimona y la Sagra) hasta Albacete (Calar del Mundo, Sierra de Alcaraz y Sierra de Taibilla). Sin embargo, recientes prospecciones botánicas han permitido localizar una pequeña población de esta especie en el Sistema Ibérico meridional, concretamente en la Serranía Baja de Cuenca, a unos 200

km de las poblaciones albacetenses más cercanas. Un salto geográfico notable también observado en otras especies consideradas en su momento como endemismos béticos o bético-norteafricanos, es el caso de *Narcissus nevadensis* subsp. *longispathus*, *Genista cinerea* subsp. *speciosa*, *Filago hispanica*, *Fumana baetica*, *Fumana paradoxa*, *Silene oropetiorum*, *Jasione foliosa*, *Campanula mollis*, *Lonicera splendida*, *Iris serotina* y *Atropa baetica* entre otras.

La localización de esta nueva población de *S. andreae-molinae* en la Serranía Baja conquense, refuerza la hipótesis sobre las rutas migratorias vegetales que afectan al centro de la Península Ibérica (GARCÍA CARDO, 2019), concretamente



Fig. 3. Distribución actualizada de *Succisella andreae-molinae*.

sobre la denominada “Ruta bética y norteafricana” que conecta el norte de África con los Sistemas Béticos y el Sistema Ibérico meridional.

La hipótesis sobre las rutas migratorias citadas se fundamenta en los acontecimientos geológicos y climáticos acaecidos de los “últimos segundos” de la historia de la Tierra. La formación de los continentes, los choques de placas tectónicas, las diferentes orogenias, los periodos glaciares e interglaciares, las regresiones y trasgresiones marinas, etc., han obligado a los hábitats y a las especies a desplazarse o a adaptarse a las nuevas condiciones ambientales, y en no pocas situaciones el desenlace ha sido la extinción o la aparición de nuevas especies en forma de endemismos por su aislamiento geográfico. Los acontecimientos citados han sido y son el agente modelador de la distribución de los hábitats y



Fig. 4. *Campanula mollis* de la localidad de Salvacañete (Cuenca).



Fig. 5. *Lonicera splendida* de la localidad de Enguñanos (Cuenca).



Fig. 6. *Narcissus nevadensis* subsp. *longispathus* de las Lagunas de Arcas-Ballesteros (Cuenca).

Es una especie de fenología estival tardía y de discreto aspecto, lo que ha contribuido a que su presencia haya pasado fácilmente desapercibida

las especies que los componen, y lo que podemos observar actualmente no es más que una fotografía “aparentemente fija” de dicho proceso. Por tanto, cabe recalcar que las rutas migratorias propuestas para el centro de la Península Ibérica (GARCÍA CARDO, 2019) no son independientes (se interconectan entre ellas) ni unidireccionales, y cada una de ellas ha tenido un protagonismo relevante en algún momento de la historia terrestre. En el caso de la “Ruta bética y norteafricana” es probable que haya tenido su máximo auge durante la conocida como “Crisis salina del Messiniense”, que aconteció hace 5,96-5,33 millones de años, en la cual se produjo un significativo descenso del nivel del mar mediterráneo, junto con la instauración de un clima más continental frío y seco, lo que permitió el enriquecimiento de la flora ibérica con elementos del este del mediterráneo y el norte de África, así como una conexión ecológica entre el Sistema Ibérico y los Sistemas Béticos, de ahí el notable número de especies vegetales que comparten ambos sistemas montañosos, a las que hay que añadir desde este momento a *Succisella andreae-molinae*.

Desde el punto de vista de los requerimientos ambientales y ecológicos de esta especie, cabe destacar que crece en juncuales, rezumaderos carbonatados y prados higrófilos de *Molinia caerulea*, sobre suelos neutros o ligeramente ácidos, con hidromorfía permanente o muy prolongada dentro de los pisos bioclimáticos meso y supramediterráneo. Convive con especies como *Arctium minus*, *Brachypodium phoenicoides**, *Cirsium rosulatum*, *Cirsium valdespinulosum**, *Epilobium hirsutum*, *Lepidium villarsii**, *Leucanthemum ageratifolium**, *Lotus corniculatus**, *Mentha longifolia*, *Mentha suaveolens**, *Molinia caerulea**, *Peucedanum hispanicum*, *Potentilla erecta**, *Pulicaria dysenterica*, *Schoenus nigricans**, *Scirpus holoschoenus**, *Senecio altissimus**, *Stachys officinalis** y *Verbena officinalis**, las marcadas con asterisco(*) están presentes en la nueva localidad conquense.

Succisella andreae-molinae es una especie de fenología estival tardía y de discreto aspecto, lo que ha contribuido a que su presencia haya pasado fácilmente desapercibida. Según la bibliografía disponible florece de julio a noviembre, intervalo donde encajan las fechas en que ha sido detectada en la provincia de Cuenca, entre los meses de septiembre y octubre de 2022.

El valor de esta especie en Castilla-La Mancha, se pone de manifiesto tras su inclusión en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de dicho territorio en la categoría “Vulnerable” (Decreto 33/1998 modificado por Decreto 200/2001), lo cual queda respaldado por la Lista roja 2010, que aplicando los criterios UICN le asignó en un principio la categoría “EN: Amenazada” (SÁNCHEZ-GÓMEZ & al.,

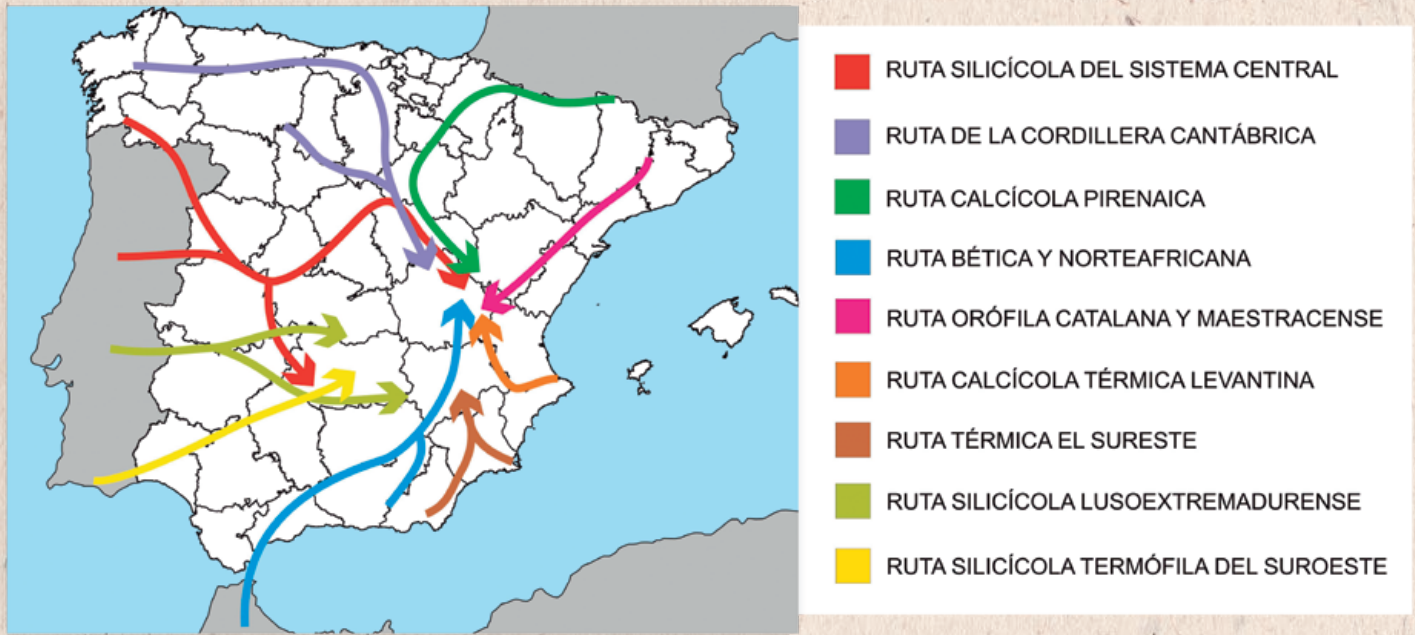


Fig. 7. Hipótesis sobre rutas migratorias vegetales en la Península Ibérica (GARCÍA CARDO, 2019).

2004) lo que significa que *en un futuro cercano presenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre*; sin embargo, los estudios más recientes consideran una mejor situación de la especie incluyéndola en la categoría “VU: Vulnerable” (DEL RÍO & *al.*, 2019) por lo que se considera que *se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre*. A esto hay que sumar que los hábitats de los que

Su situación poblacional podría llevar a una notable merma, si no se adoptan medidas urgentes para su conservación



Fig. 8. Los juncuales churreros, mezclados con prados higrófilos de *Molinia caerulea* son el hábitat típico de *S. andreae-molinae*.

forma parte, juncales churreros, rezumaderos carbonatados y prados higrófilos de *Molinia caerulea*, están incluidos en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE, dentro del código 6420 en los dos primeros casos y del 6410 en el tercer caso. Además, conforme a la Ley 9/1999 de conservación de la naturaleza de Castilla-La Mancha (modificada por el Decreto 199/2001), los rezumaderos carbonatados (6420) y los prados de higrófilos de *Molinia caerulea* (6410) están reconocidos como Hábitat de Protección Especial en esta comunidad autónoma.

Según los últimos datos sobre la evaluación del estado de conservación de esta especie, el total de ejemplares estimados en toda su área de distribución oscila entre 28.500 y 37.700, en un área de ocupación de 130.500 m² y una extensión de presencia de 986 km² (DEL RÍO & *al.*, 2011). En Castilla-La Mancha su área de ocupación es de 67.800 m² y el número de individuos estimados está entre 3.200 y 6.200, a los que habría que sumar los 50 individuos observados de la población conquense.

La situación poblacional de esta especie, sumada a las presiones y amenazas a que se encuentra sometida (cambio climático, exceso de presión ganadera, pisoteo, transformación de cursos de agua, manantiales y acequias, roturaciones agrícolas y aplicación de herbicidas, explotación forestal,

La creación de micorreservas o la realización de seguimiento poblacional, son algunas de las medidas a adoptar de cara a la conservación de la especie

escasa plasticidad ecológica, polución de aguas, creación y acondicionamiento de infraestructuras rurales, etc.), podría llevar a una notable merma de las poblaciones de esta especie a corto y medio plazo si no se adoptan medidas urgentes para su conservación.

Entre las medidas a tomar cabe considerar la creación de micorreservas, la realización de seguimientos periódicos, el depósito de semillas en bancos de germoplasma, el desarrollo de estudios de germinación, la producción de planta y ejecución de refuerzos poblacionales, el establecimiento de áreas de conservación estricta libres de aprovechamientos forestales, así como el desarrollo de estudios florísticos competentes y rigurosos previos a la ejecución de proyectos y actividades en el medio natural.



Fig. 9. Los prados higrófilos de *Molinia caerulea* son Hábitat de Protección Especial en Castilla-La Mancha.

Agradecimientos

A mi hermano José María, a Gonzalo Mateo Sanz, a Ginés López González, a Juan Manuel Martínez Labarga, a Carmen Bartolomé Esteban y a todos aquellos amigos, familiares y compañeros que me siguen animando y contagiando su ilusión por conocer, conservar y amar la naturaleza.

Marco normativo

- Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L206.
- Decreto 33/1998, de 5 de mayo, por el que crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha. DOCM 22: 3391-3398.
- Ley 9/1999, de 26 de mayo, de Conservación de la Naturaleza. DOCM 40: 4066-4091.
- Decreto 199/2001, de 6 de noviembre de 2001, por el que se amplía el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha, y se señala la denominación sintaxonómica equivalente para los incluidos en el anejo 1 de la Ley 9/1999 de Conservación de la Naturaleza. DOCM 119: 12814-12825.
- Decreto 200/2001, de 6 de noviembre de 2001, por el que se modifica el Catálogo Regional de Especies Amenazadas. DOCM 119: 12825-12827.

Bibliografía

- (1) ANTHOS (2022) *Anthos. Sistema de información sobre plantas de España*. Real Jardín Botánico (CSIC)-Fundación Biodiversidad. <http://www.anthos.es>
- (2) DEL RÍO, J., J. PEÑAS, D. CUERDA, S. GARCÍA, A.E. CATALÁN, J.A. LÓPEZ, E. PICAZO, J.F. JIMÉNEZ & P. SÁNCHEZ-GÓMEZ (2011). *Distribución detallada y estado de conservación de Succisella andreae-molinae*. V Congreso de Biología de Conservación de Plantas. Menorca. España.
- (3) ESCUDERO, A. & S. PAJARÓN (1994) Una planta nueva de la Sierra de Segura (España). *Succisella Andreae-Molinae*, sp. nov. (Dipsacaceae). *Anales Jara. Bot. Madrid* 51(2): 249-254.
- (4) GARCÍA CARDO, Ó. (2019) *Atlas de la flora singular y amenazada de la provincia de Cuenca. Amenazas, bases para la gestión y conservación*. Tesis Doctoral. Univ. de Alcalá.
- (5) MORENO SAIZ, J.C. (2011) *Lista Roja de la Flora Vascular Española 2008. Actualización con los datos del Adenda 2010 al Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid. 46 pp.
- (6) SÁNCHEZ GÓMEZ P., M.Á. CARRIÓN VILCHES & J.B. VERA PÉREZ (2004) *Succisella andreae-molinae* Escudero & Pajarón in BAÑARES A., BLANCA G., GÜEMES J., MORENO J.C. & S. ORTIZ (eds.) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Taxones prioritarios*: 860-861. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1.072 pp.

Colabora:



Castilla-La Mancha



Tú eres la llave

reduce → reutiliza
→ separa → recicla

#Túereslallave



**Tú
eres
la llave**
reduce → reutiliza
→ separa → recicla



ecovidrio
ENTIDAD SIN ÁNIMO DE LUCRO



ECOLEC
FUNDACIÓN



ecotíc
RECICLANDO PARA CREAR



BOLETÍN DE ÁREAS PROTEGIDAS

DE CASTILLA-LA MANCHA

MEDIO CASTILLA-LA MANCHA AMBIENTE

Número 05 | Primavera 2024



✓ Garganta de las Lanchas, (Toledo).

Árboles singulares

APROBADO EL PROCEDIMIENTO PARA LA DECLARACIÓN DE ÁRBOLES SINGULARES Y RODALES PRÓXIMOS A LA MADUREZ EN CASTILLA-LA MANCHA



Recientemente se ha aprobado el decreto por el que se regula el procedimiento de declaración de inclusión o exclusión, en el inventario de árboles y ejemplares singulares de Castilla-La Mancha, y su régimen de protección, así como de los rodales de bosque próximos a la madurez forestal en Castilla-La Mancha.

En el importante patrimonio forestal de esta región sobresalen un buen número de árboles y arboledas que destacan por haber sobrevivido generación tras generación, por ser objeto de veneración y respeto entre los habitantes de la zona, por alcanzar tamaños monumentales y excepcional belleza. En definitiva, por ser únicos. Se procura con esta norma su protección y conservación además de hacer partícipe de este patrimonio natural al público en general.

Por otro lado, se establecen medidas de protección similares a los rodales de bosques que se determinen por tener un grado de madurez excepcional. Estas pequeñas superficies de bosque son aquellas en las que las perturbaciones producidas por el hombre blanco están ausentes o son muy escasas, y en las que la dinámica natural crea un mosaico de todas las fases de desarrollo del bosque, incluso la de vejez, o están en condiciones de adquirirlas en un plazo de tiempo relativamente corto.

Por su extremada escasez, por su complejidad y por la biodiversidad que albergan, los bosques maduros o próximos a la madurez son objeto de gran interés en las políticas de conservación y de gestión forestal, especialmente como referencias de gestión para la adaptación al cambio climático de las masas forestales.

Los ciudadanos de Castilla-La Mancha podrán participar en la identificación de árboles, ejemplares singulares y rodales próximos a la madurez mediante las oportunas vías que habilitará la Consejería de Desarrollo Sostenible. ─

Carlos Serrano. cserrano@jccm.es

✓ Pino abuelo en Palancares (Cuenca).

Sierra Norte de Guadalajara

EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA NORTE DE GUADALAJARA CUENTA CON UNA NUEVA SENDA ETNOGRÁFICA EN EL CARDOSO DE LA SIERRA



La nueva “Senda del Jarama”, es un paseo de 5 km que recupera parte del antiguo camino que unía los pueblos de El Cardoso de la Sierra en Guadalajara y Montejo de la Sierra en Madrid. A través de 5 paneles interpretativos narra el día a día de la vida de la gente en la Sierra en las pasadas décadas: llevar el grano al molino, pastorear las ovejas, construir muros de piedra seca y, cómo no, también jugar, celebrar y divertirse.

En la presentación de la senda etnográfica del Jarama, la ruta fue guiada por José Martín (el único pastor de ovejas en la zona), Cristina Vicioso y Sotero López, vecinos de El Cardoso de la Sierra y protagonistas absolutos de la senda, que han compartido sus recuerdos y vivencias para inmortalizarlos en los paneles.

A partir de ahora la senda se podrá recorrer de forma libre o bien a través de visitas guiadas por el personal del Centro de Visitantes del Parque Natural, todos los sábados y domingos a las 11h hasta el mes de noviembre.

El parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara cuenta ya con 33 rutas de senderismo que suman más de 500 km de recorrido. Esta nueva senda etnográfica forma parte del proyecto de red de senderos interpretativos del Parque Natural, que tiene como objetivo la divulgación de sus valores ambientales y etnográficos. Se suma a la nueva senda ecológica de Carretas en el Hayedo de Tejera Negra y a otras rutas ahora en fase de diseño, como las seis geo-rutas del Parque Natural, la senda etnográfica de Hiendelaencina a Villares de Jadraque, la senda ecológica de Umbralejo a La Huerce, o la ruta escénica de Majaelrayo al Puerto de La Quesera. ■

Rafael Ruiz. raruizlopez@jccm.es

✓ Algunos momentos de la inauguración.

La Consejería de Desarrollo Sostenible edita el libro “Insectos: la fauna oculta de la Mancha”

El pasado mes de abril finalizó la edición e impresión del libro “Insectos: la fauna oculta de la Mancha”, realizado por la Sociedad Entomológica y Ambiental de Castilla-La Mancha (SEACAM) y editado por la Consejería de Desarrollo Sostenible. Se trata de un volumen de 352 páginas y más de 600 fotografías a color que ilustran los 24 órdenes de insectos presentes en la llanura manchega (todos los ibéricos salvo los mecópteros), con especial atención a la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda.

En la introducción del libro se detallan los objetivos de la obra, el ámbito geográfico y el alcance taxonómico, incluyendo las relaciones de parentesco entre los distintos órdenes de insectos. Asimismo se describen brevemente las características generales de los insectos en cuanto a su morfología externa, anatomía interna y fisiología. Finalmente, se mencionan las amenazas que pesan sobre este grupo de animales tanto a escala global como a nivel local y se hace hincapié en la necesidad de su conservación.

Los 24 capítulos dedicados a los órdenes de insectos tienen extensiones muy dispares que reflejan la diferente diversidad de cada uno de ellos y, así, buena parte del libro se dedica a los coleópteros, el orden más diverso con casi 400.000 especies descritas en el mundo y unas 10.000 en la



península ibérica, diez veces más que todos los vertebrados ibéricos tanto marinos como terrestres.

Algunos aspectos como la metamorfosis, el origen de las alas, el comportamiento social o la polinización entomófila se tratan brevemente por separado, intercalados entre los capítulos. Uno de estos apartados destacados se dedica a un pionero de la entomología manchega: José María de la Fuente, el “cura de los bichos” de Pozuelo de Calatrava.

Esta obra es un trabajo común de la Sociedad Entomológica y Ambiental de Castilla-La Mancha, una asociación cuyos fines son mejorar el conocimiento científico y contribuir a la educación y sensibilización ambiental sobre los insectos y otros invertebrados de la región, con el fin último de conservar la naturaleza. Actualmente forman parte de SEACAM más de 80 personas, que contribuyen a sus objetivos desde diversos ámbitos como la colaboración ciudadana con la ciencia, la docencia, la investigación, la educación y divulgación ambiental y la gestión de recursos naturales.

Cecilia Díaz Martínez. ceciliad@jccm.es

La nueva cartelería interpretativa de la microrreserva Garganta de las Lanchas rinde homenaje al último pastor que recorrió la zona

En el marco de los trabajos de mejora de la seguridad de la visita de la Microrreserva de la Garganta de las Lanchas (Las Hunfrías, Toledo) se ha instalado diverso material interpretativo sobre los valores naturales y usos humanos de este espacio protegido.

Julio López ha sido el último cabrero en subir su ganado con asiduidad a la Garganta de las Lanchas y es protagonista importante de una de las mesas interpretativas. A pesar de su avanzada edad no quiso perderse la colocación del panel, mostrando en todo momento una envidiable forma física.

A lo largo del presente año está previsto continuar con estas actuaciones que faciliten la accesibilidad en condiciones seguras a la parte de la Microrreserva que concentra el grueso de las visitas, que han aumentado progresivamente hasta acercarse a las 5.000 anuales.

Juan Ramón Pintado Ortega. jrpintado@jccm.es



Llevado a cabo un proyecto de cría campestre (hacking) de aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) en la finca Nava del Conejo en el término municipal de Valdepeñas

La actuación llevada a cabo por la Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) y financiada por la JCCM, ha permitido la liberación de 7 pollos de la especie, rescatados de nidos que habían sido instalados en parcelas de cereal que iban a ser cosechadas.

Gracias a un primer desarrollo en el centro de recuperación de fauna silvestre El Chaparrillo, han podido ser posteriormente introducidos y alimentados en el recinto instalado en la finca Nava del Conejo, para posteriormente ser liberados al medio natural. En esta finca, titularidad de la JCCM, se desarrollan diferentes prácticas agroambientales y posee un hábitat ideal para la reproducción de la especie.

Este primer año, ha permitido observar por los alrededores a dos adultos, macho y hembra, atraídos por la presencia de los pollos. Esperemos que la próxima época estival permita observar el retorno de alguno de los pollos liberados.

El aguilucho cenizo, catalogado como vulnerable en los catálogos nacional y regional de especies amenazadas, está en severo declive, principalmente provocado por la intensificación agrícola y la pérdida de hábitat.

Jose Luis García-Moreno. jgarciamorenom@jccm.es



Actuaciones para reducir la mortalidad del lince ibérico



El pasado 1 de agosto finalizaron las obras del proyecto “Actuaciones prioritarias en las carreteras CM-3129, CM-3202 y CM-4111 para reducir la mortalidad del lince ibérico (*Lynx pardinus*)” en la provincia de Ciudad Real.

El proyecto consiste en la ejecución de banquetas laterales o pasos secos en las obras de drenaje transversal de las carreteras para facilitar el paso de la fauna silvestre por estas infraestructuras, especialmente del lince ibérico, y así evitar su paso por las carreteras evitando posibles atropellos. Además, se instalaron señales de advertencia de peligro de lince en el tramo de carreteras próximos a los pasos secos.

Esta actuación está localizada las zonas de reintroducción y expansión natural del lince ibérico establecidas en Castilla-La Mancha en la provincia de Ciudad Real. Son áreas de presencia constatada de la especie en un entorno con infraestructuras viarias donde los lince pueden asentarse alrededor de las mismas, por lo que es necesario acometer este tipo de actuaciones cuya efectividad ya ha sido demostrada en otras poblaciones a la vez que permite la desfragmentación del hábitat para el lince.

El proyecto ha supuesto una inversión de 21.520,09 euros financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y ejecutado por la Consejería de Desarrollo Sostenible, en colaboración con la Consejería de Fomento. Concretamente, esta actuación está enmarcada en la Inversión 03 “Restauración de ecosistemas e infraestructura verde” de la Componente 4 “Conservación y restauración de ecosistemas marinos y terrestres y su biodiversidad” de dicho Plan.

María Díaz. mdiazvazquez@jccm.es

Proyecto implantación de medidas de gestión de las reservas naturales fluviales en la cuenca hidrográfica del Guadalquivir

ELIMINACIÓN BARRERAS ARQUITECTÓNICAS EN EL CURSO DEL RIO MONTORO, DENTRO DEL PARQUE NATURAL DEL VALLE DE ALCUDIA Y SIERRA MADRONA

En relación con el río Montoro, uno de los más importantes tanto por longitud y caudal, como por el recorrido por el que discurre, de todo el Parque Natural del valle de Alcudia y Sierra Madrona, se proyecta para verano, momento en el que el caudal del mismo sea el mínimo posible, la eliminación de elementos arquitectónicos que impiden el remonte del mismo por la fauna asociada.

La finalidad de estos trabajos es la conservación y puesta en valor de las reservas naturales fluviales, consideradas como elementos de referencia de los ecosistemas fluviales, con presencia habitual de hábitats prioritarios y especies protegidas de gran interés para la conservación de la biodiversidad. ─

Jose Ramón Ramos Lozano. jrramos@jccm.es



▲ Adecuación cerramientos perimetrales de fincas, perpendiculares al dominio público hidráulico.

En la provincia de Albacete

ACTUACIONES DE RETIRADA DE ANTIGUO VALLADO EN LA RESERVA NATURAL “LAGUNA SALADA DE PÉTROLA”

En este mes de enero de 2024, ha finalizado la retirada de un antiguo vallado metálico ubicado en el límite sur de la Laguna de Pétrola. Hace más de 20 años, se instaló con el fin de delimitar la zona con parcelas agrícolas colindantes. Con el tiempo y las variaciones de los niveles de agua, este vallado había quedado en parte sumergido en terreno inundado por las saladas aguas de la propia laguna, provocando en muchas de las zonas su deterioro y pudrición, constituyendo además un peligro evidente para las aves, al constituir una barrera física y el riesgo de enganches. Ambientalmente se había convertido en un residuo que había dejado de cumplir su función para lo que se instaló hace décadas

Por el periodo seco de esta temporada, el nivel de agua de la laguna está muy bajo, lo que ha permitido el acceso hasta la zona del vallado y su retirada sin causar daños a la fauna y al lecho lagunar. Los restos generados del vallado retirado se han gestionado a través de gestor autorizado. Los trabajos han sido ejecutados con cargo a fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea – *NextGenerationEU*, establecido por el Reglamento (UE) 2020/2094 del Consejo, de 14 de diciembre de



2020, por el que se establece un instrumento de Recuperación de la Unión Europea para apoyar la recuperación tras las crisis de la COVID-19. Concretamente, esta actuación se integra en la Componente 4 “Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad” Inversión 2 “Conservación ecológica de Humedales de CLM- C4 I2”. ─

Jose Antonio López Donate. jalopez@jccm.es

Laura Puerto Moreno. lpuertom@jccm.es

INSECTOS PROTEGIDOS DE CASTILLA-LA MANCHA

Orden Odonata

Coenagrion mercuriale (Charpentier, 1840)

Cecilia Díaz Martínez. ceciliad@jccm.es

CLASIFICACIÓN

La familia Coenagrionidae, con más de 1.300 especies conocidas en el mundo, es la más diversa del Suborden Zygoptera, que agrupa dentro del Orden Odonata a los llamados caballitos del diablo: pequeñas libélulas de aspecto frágil, que pliegan las alas cuando están en reposo. De los 14 coenagrionidos que viven en la península ibérica tenemos 12 en Castilla-La Mancha, incluyendo las tres especies con categoría de amenaza en la Lista Roja de Invertebrados de España: *Coenagrion mercuriale*, *C. caeruleum* y *C. scitulum*.

MORFOLOGÍA

Los machos de *Coenagrion mercuriale* son pequeños insectos de hasta 3 cm de longitud con cuatro alas transparentes y cuerpo de color azul con marcas negras. El nombre de la especie hace referencia a que la marca negra del segundo segmento abdominal recuerda al símbolo que usaban los alquimistas para el mercurio. Las hembras son generalmente verdosas aunque también pueden ser azules, y sus marcas negras son mucho más extensas que las de los machos. Al igual que el resto de coenagrionidos, las hembras de *C. mercuriale* tienen un ovopositor muy visible al final del abdomen.

Las larvas acuáticas tienen, como el resto de zigópteros, tres estructuras en forma de pluma al final del abdomen, llamadas lamelas caudales, que tienen función respiratoria: a través de ellas realizan mayoritariamente el intercambio de gases con el agua.

BIOLOGÍA

Las larvas de *Coenagrion mercuriale* viven varios meses bajo el agua, entre la vegetación acuática, alimentándose de otros invertebrados. Sin embargo los adultos viven poco tiempo, su longevidad media es de 7-8 días. En su breve vida, depredan sobre pequeños insectos voladores y se reproducen. Tras la cópula, que dura unos 20 minutos, la pareja permanece unida en tándem para hacer la puesta. La hembra inserta los huevos en las plantas acuáticas con su ovopositor, pudiendo sumergirse completamente bajo el agua para ello. Esta especie generalmente completa su desarrollo en un año, aunque en zonas cálidas puede tener dos generaciones al año. En Castilla-La Mancha vuela desde mediados de abril hasta finales de septiembre.

CONSERVACIÓN

Aunque legalmente no tiene categoría de amenaza (está en el Listado Español de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, y en el Catálogo Regional como de "interés especial"), su estatus de conservación en España es "vulnerable", y a nivel



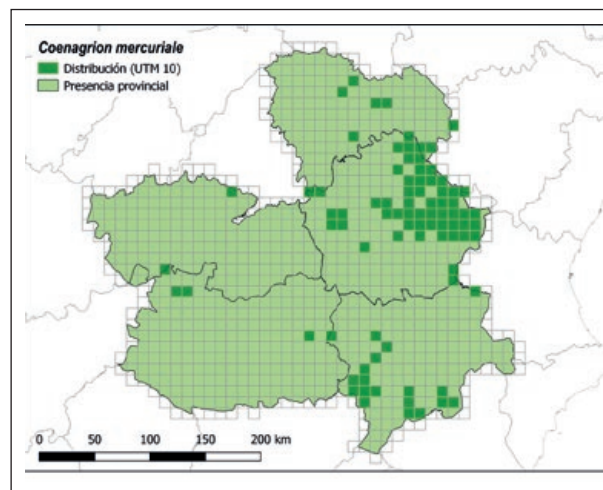
Macho



Cópula

HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

Endémica del suroeste de Europa y el Magreb, se distribuye por toda la península ibérica aunque con poblaciones fragmentadas. En nuestra región se ha encontrado en todas las provincias, aunque en Toledo y Ciudad Real es muy rara. Vive en riachuelos, arroyos y acequias de aguas limpias y lentas, soleados y con abundante vegetación acuática y herbazales en la ribera.



europeo se considera "casi amenazada" y con tendencia poblacional decreciente. Su principal amenaza es la intensificación de la agricultura, que conduce a la eliminación de la vegetación de ribera, la eutrofización de las aguas y la sustitución de acequias abiertas por otros sistemas de regadío. Su capacidad de dispersión es muy limitada, por lo que en las poblaciones más pequeñas y aisladas, una alteración puntual (como las mal llamadas "limpiezas" de cauces) puede conducir a la extinción irreversible de la población.

NUESTRA FLORA MENOS CONOCIDA...

Echium boissieri (Viborera gigante)
Steud., Nomencl. Bot. ed. 2, 1: 540 (1840)
Familia: *Boraginaceae*

Óscar García Cardo. ogcardo@jccm.es

CARACTERÍSTICAS

Planta herbácea bienal, elevada y llamativa, que puede alcanzar los 2,5 m de altura, con tallos erectos, simples u ocasionalmente ramificados desde la base, toda ella cubierta de pelosidad densa (setas rígidas y patentes combinadas con pelos cortos y más o menos ganchudos). Hojas del tallo linear-elípticas estrechamente lanceoladas (c. 12 x 2 cm), las basales de forma similar y algo mayores (c. 40 x 5,5 cm) y formando una roseta basal contundente. Inflorescencia espiciforme y cilíndrica, la cual supone más de la mitad del tallo, donde se disponen las flores habitualmente en parejas sobre pequeñas brácteas lanceoladas (c. 6-15 mm). Flores con forma de embudo curvado (c. 13-20 mm), de color crema a rosado cárneo, de la que asoman los estambres que son glabros, con filamentos rojizos y anteras gris-azuladas. El fruto es una núcula monosperma de c. 2,5-3,5 x 2-2,5 mm. Florece entre los meses de mayo y julio, excepcionalmente en agosto.

CONSERVACIÓN

Esta especie no está incluida en ningún marco normativo de protección y conservación de especies, principalmente debido a su distribución y comportamiento como planta viaria y ruderal; sin embargo, aprovechando la revisión del Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha, sería conveniente la inclusión de las poblaciones arriacenses y conquenses en la categoría "de interés especial", ya que se encuentran notablemente disjuntas y aisladas del núcleo principal de esta especie en la Península Ibérica, los Sistemas Béticos. Las principales amenazas que afectan a esta especie son los cambios en los usos del territorio, la aplicación de herbicidas en vías de comunicación y el cambio climático, este último podría incluso llegar a favorecer a las poblaciones más septentrionales.

BIBLIOGRAFÍA

COSTA TENORIO, M., C. MORLA JUARISTI & H. SÁINZ OLLERO (1984) Notas fitocorológicas del interior peninsular. *Collect. Bot. (Barcelona)* 15: 167-172.

GARCÍA CARDO, Ó. (2019) *Atlas de la flora singular y amenazada de la provincia de Cuenca. Amenazas, bases para la gestión y conservación*. Tesis Doctoral. Univ. de Alcalá.

LÓPEZ VÉLEZ, G. (1996) *Flora y vegetación del macizo del Calar del Mundo y sierras adyacentes del sur de Albacete*. Inst. Est. Albacetenses, Albacete.

Hábito de *Echium boissieri*.



Detalle de inflorescencia de *Echium boissieri*.

HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

Hábitat: se trata de una planta nitrófila, propia de ambientes ruderales y viarios de media y baja altitud. Tiene especial predilección por suelos muy ricos en arcillas, y es habitual observarla en bordes de caminos, descampados, eriales y escombreras.

Distribución: Planta ibero-magrebí, que se extiende desde el norte de África (Marruecos y Argelia) hasta el sur de Portugal y España, en este último caso llega a adentrarse por el centro en las provincias de Teruel (Castelserás), Ciudad Real (Sierras de Alhambra y Lagunas de Ruidera), Albacete (Sierra de Alcaraz y su entorno), Guadalajara y Cuenca (la Alcarria), Zaragoza (valle del Ebro) y la Comunidad de Madrid (Torrelaguna).



↗ Distribución de *Echium boissieri*.
<https://www.gbif.org/es/species/4059703>.

MARTÍN-BLANCO, C.J. & M.A. CARRASCO (2005) *Catálogo de la flora vascular de la provincia de Ciudad Real*. Monograf. de la AHIM, vol 1.

MAZIMPAKA, V. (1984) *Contribución al estudio de la flora y vegetación de la cuenca del alto Tajo: tránsito Alcarria-Sistema ibérico (provincia de Guadalajara)*. Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.

VALDÉS, B. (2012) *Echium* L. in S. Castroviejo & al. (eds.). *Flora Iberica* 11: 413-446. Real Jardín Botánico-CSIC. Madrid.

Colabora:



Castilla-La Mancha



Tú eres la llave

reduce → reutiliza
→ separa → recicla

#Túereslallave



**Tú
eres
la llave**
reduce → reutiliza
→ separa → recicla



Más allá de la 'rehabilitación' del espacio natural en minería

La restauración ecológica y paisajística holística de LIFE RIBERMINE

Javier de la Villa Albares¹

José F. Martín Duque²

Cristina Martín-Moreno³

José M. Nicolau Ibarra⁴

María Tejedor Palomino⁵,

Saturnino de Alba Alonso⁶

María Adoración Solórzano Rodríguez⁷

Nuestro mundo ha experimentado grandes avances científicos y tecnológicos en las últimas décadas. Sin embargo, algunos otros aspectos de las actividades humanas no han experimentado los mismos avances. Es el caso de la restauración de espacios afectados por las actividades extractivas, que han tenido un escaso avance hasta hace unos pocos años y que perjudica, sobre todo, a la propia minería, en tanto la sociedad actual es muy exigente, a nivel global, cuando se pretende desarrollar una actividad extractiva en un entorno sensible desde un punto de vista ecológico y paisajístico.

1 - Doctor Ingeniero de Minas – Jefe de Servicio de Minas, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

2 - Doctor en Geología – Profesor Titular de Universidad, Universidad Complutense de Madrid

3 - Doctora en Geología – Profesora Ayudante Doctor, Universidad Complutense de Madrid

4 - Doctor en Biología – Profesor Titular Universidad, Universidad de Zaragoza

5 - Licenciada en Geología – Personal de Apoyo a la Investigación, Universidad Complutense de Madrid

6 - Doctor en Biología – Profesor Titular Universidad, Universidad Complutense de Madrid

7 - Graduada en Ciencias Ambientales – Técnica Superior, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Resumen

En este contexto, en las últimas dos décadas se están desarrollando toda una serie de técnicas de restauración geomorfológica que están permitiendo replicar, en antiguos espacios mineros, ecosistemas y paisajes con una configuración y funcionalidad equivalente a la de sus equivalentes naturales. Las actuaciones de **Life Ribermine** <https://liferibermine.com/es> en Peñalén incluyen este enfoque holístico, con unos resultados hasta el momento muy exitosos. Respecto a la reconstrucción topográfica, las actuaciones de **Life Ribermine** han incluido: **(a)** el uso del método GeoFluv™ – Natural Regrade para el diseño cuencas hidrográficas que replican a las naturales en las zonas de escombreras y huecos mineros; **(b)** el Modelo de Evolución del Paisaje SIBERIA para simular los procesos erosivos que ocurrirán en los diseños GeoFluv™ – Natural Regrade; **(c)** el método del Talud ROYAL® para replicar escarpes y acantilados naturales en los antiguos frentes de explotación.

En la reposición y manejo de suelos, se han utilizado formaciones superficiales (coluviones carbonáticos) como ‘soporte’ edáfico, con enmiendas orgánicas de estiércol de ave y oveja y tratamientos dirigidos al incremento de la rugosidad superficial y la descompactación. Respecto a la revegetación, trata de ensamblar un bosque de pinos y quejigos, con una primera fase de introducción de herbáceas y caméfitos para conformar un sustrato estable frente a la erosión y biológicamente funcional; y una segunda de implantación de árboles y arbustos en núcleos (módulos) diferentes según la disponibilidad de agua en las variadas formas de relieve de los paisajes GeoFluv™. Técnicas de vanguardia como

el acolchado-semillado, el uso de arbustos facilitadores o evitadores de la herbivoría o la aplicación de “biochar”, se han aplicado. **Life Ribermine** va a desplegar, también, un conjunto de técnicas de seguimiento del comportamiento de los espacios restaurados, de modo que la experiencia adquirida aquí permita mejorar otras restauraciones en el futuro. Además, se estudian también los medios fluviales aguas abajo con el fin de asegurar que las actuaciones de restauración están contribuyendo a mejorar las condiciones de los hábitats acuáticos, objetivo principal del proyecto. Con el uso de estas mejores técnicas disponibles, **Life Ribermine** pretende demostrar que existen actualmente técnicas, software, conocimiento y experiencia suficiente para realizar excelentes restauraciones mineras, capaces de reconstruir ecosistemas y paisajes funcionales en espacios transformados por actividades extractivas, superando el enfoque ‘corrector’ y ‘rehabilitador’ aún dominante.

El carácter pionero de **Life Ribermine** se pone de manifiesto por el hecho de que, sólo referido a la actuación en Peñalén (Guadalajara, España): **(a)** es el primer proyecto de restauración minera, a nivel europeo, que utiliza el modelo de evolución del paisaje SIBERIA; **(b)** es el primer proyecto de restauración minera, a nivel global, que combina el uso de GeoFluv™ – Natural Regrade y Talud ROYAL®.

Palabras clave

Restauración geomorfológica minera, Restauración ecológica minera, Mejores técnicas disponibles

1. Introducción y objetivos

Nuestro mundo ha experimentado grandes avances científicos y tecnológicos en las últimas décadas. No parece necesario poner ejemplos al respecto, pues éstos abarcan casi cualquier aspecto de nuestras vidas: teléfonos móviles, internet, vehículos eléctricos... Estos avances no sólo suponen una mejora en la calidad de vida, si no que se han convertido en indispensables para el estilo de vida actual y es inimaginable renunciar a ellos. Sin embargo, algunos otros aspectos de las actividades humanas no han experimentado grandes avances en los últimos tiempos, quedando anticuados e incluso obsoletos. Es el caso de la restauración de espacios afectados por las actividades extractivas. Es así como las técnicas desarrolladas en la década de 1980, muy enfocadas a 'corregir' impactos meramente visuales (como el uso de pantallas visuales, por poner un simple ejemplo), siguen aún vigentes. El escaso avance en las técnicas de restauración minera perjudica, sobre todo, a la propia minería, en tanto la sociedad actual es muy exigente, a nivel global, cuando se pretende desarrollar una actividad extractiva en un entorno sensible desde un punto de vista ecológico y paisajístico.

Esta exigencia social que se refleja en un mayor interés por la protección y recuperación de espacios naturales es también un objetivo prioritario de la propia Unión Europea

(UE). Tanto es así que, ya en los años 70, tras producirse importantes catástrofes ambientales (como la de Chernóbil) y también debido a otros aspectos ambientales que pasaron a tener gran relevancia para la opinión pública (como el agujero de la capa de ozono y el calentamiento global) la UE vio la necesidad de aumentar los niveles de protección del medio ambiente e impulsar una aceleración de la política medioambiental europea y la creación de instituciones. De este modo se desarrollaron las primeras regulaciones para la protección ambiental, como la Directiva de Aves (*Birds Directive* 79/409/EEC reemplazada por la Directiva 2009/147/EC). Posteriormente, en 1992, la UE creó el conocido como Programa LIFE (https://cinea.ec.europa.eu/life_en). Este instrumento de la UE financia proyectos e iniciativas dirigidas a la conservación del medio ambiente y al desarrollo de la política y legislación comunitaria en materia medioambiental, siendo la herramienta más importante para protección de la naturaleza de la UE por la inversión realizada. Desde su inicio y hasta la fecha, el Programa LIFE ha completado un total de 5 fases de financiación (LIFE I, LIFE II, LIFE III, LIFE +, LIFE 2014-2020) en las que ha cofinanciado más de 5.400 proyectos con un presupuesto global de aproximadamente 6.500 millones de euros (datos obtenidos de <https://innovarum.es/en/proposal-writing/new-life-programme-2021-2027/>). Para la fase actual, LIFE 2021-2027, el presupuesto del Programa LIFE ha aumentado hasta los 5.400 millones de euros y abarca los

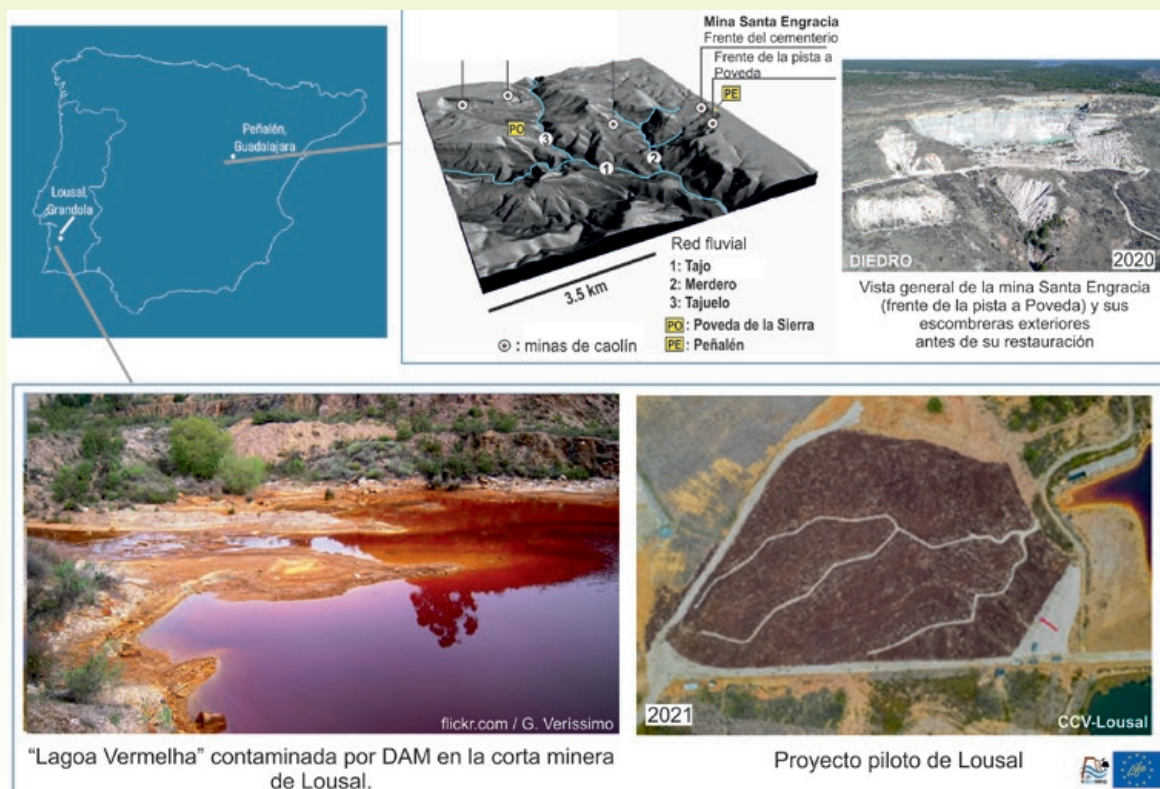


Figura 1.

Localización de los escenarios de actuación del proyecto LIFE RIBERMINE.
a) vista general del antiguo pueblo minero de Lousal.
b) Localización de los escenarios de actuación en España.

siguientes ámbitos: 1) Naturaleza y biodiversidad; 2) Economía circular y calidad de vida; 3) Mitigación y adaptación al cambio climático; y 4) Transición energética limpia. (https://cinea.ec.europa.eu/life/about-life_en).

Esta comunicación describe el proyecto LIFE RIBERMINE - LIFE18 ENV/ES/000181 (<https://liferibermine.com/es/>), un ambicioso proyecto que se inició en septiembre de 2019 y que finalizará en marzo de 2024 y que ha conseguido aunar la restauración “real” de dos antiguos espacios mineros con los principales objetivos de protección de la naturaleza de la UE. LIFE RIBERMINE tiene un presupuesto total de 2.941.280,00 € y está coordinado por la por la Consejería de Desarrollo Sostenible, a través de la Dirección General de Transición Energética del Gobierno de Castilla-La Mancha (<https://mineriacm.castillalamancha.es/>) incluyendo funcionarios de dos órganos distintos: minería y áreas protegidas. Otros socios del proyecto son la Universidad Complutense de Madrid que aglutina y coordina la actividad de técnicos de varias Universidades españolas: Universidad de Castilla-La Mancha, Universidad de Alcalá de Henares, Universidad de Zaragoza, Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Juan Carlos I, la empresa minera CAOBAR S.A, la empresa pública GEACAM, S.A. (Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha, S.A.) y la Asociación Centro Ciencia Viva de Lousal (Associação Centro Ciência Viva do Lousal – <https://www.lousal.cienciaviva.pt/>) de Portugal.

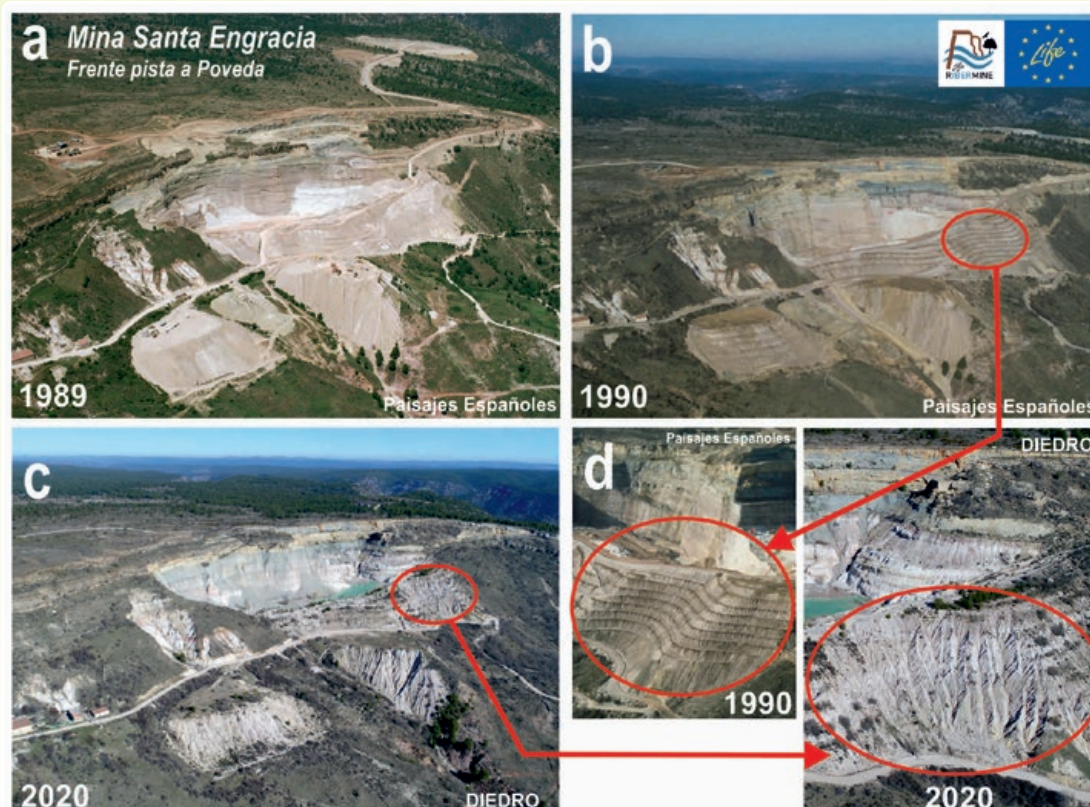
Las actuaciones de LIFE RIBERMINE tienen un enfoque holístico siendo sus objetivos principales: 1) reducir la presión hidromorfológica y la contaminación físico-química en la red fluvial recuperando los servicios ecosistémicos perdidos, mejorando la calidad y la dinámica del agua; y 2) adaptar y aplicar una combinación de toda una batería de lo que se consideran mejores técnicas disponibles (*Best Available Techniques*, BAT) para la restauración minera.

La aplicación de estas mejores técnicas, que incluye distintos métodos de restauración geomorfológica, de predicción erosiva de las restauraciones, de manejo de los sustratos edáficos, y de revegetación activa o pasiva, está permitiendo replicar en antiguos espacios mineros, ecosistemas y

Se aplican distintos métodos de restauración geomorfológica, de predicción erosiva de las restauraciones, de manejo de los sustratos edáficos, y de revegetación activa o pasiva

Figura 2.

Evolución geomorfológica de las escombreras de la mina Santa Engracia. (a) 1989 (Paisajes Españoles), mostrando la fase final de construcción de las escombreras (en pendiente, o ladera). (b) 1990, una vez finalizada la explotación, y realizadas labores de rehabilitación (imagen de Paisajes Españoles). (c) Escenario en 2020, tras 30 años de evolución erosiva, imagen de DIEDRO. (d) Detalles de las imágenes de 1990 y 2020, donde se observa bien la evolución de terrazas a ‘badlands’.



paisajes con una configuración y funcionalidad equivalente a la de los espacios naturales. La comunicación desarrolla todas estas nuevas técnicas, su implementación y seguimiento y los principales resultados conseguidos hasta la fecha en uno de los dos escenarios del proyecto, Mina Santa Engracia en Peñalén, Guadalajara.

2. Localización

El proyecto LIFE RIBERMINE se desarrolla en dos antiguas zonas mineras de la Península Ibérica, Lousal (Grândola, Portugal) y Peñalén (Guadalajara, España) (Figura 1), si bien esta comunicación se centra en explicar las actuaciones llevadas a cabo en el escenario español.

En Lousal (38°02'19,85"N; 8°25'25,61"O) se han restaurado 1,5 hectáreas pertenecientes a una antigua mina de pirita de la faja pirítica ibérica. Esta actuación corresponde a un proyecto 'piloto', en el que se han adaptado, replicado y transferido las mejores técnicas disponibles de restauración minera a las condiciones de la minería metálica, desarrollando soluciones específicas para el Drenaje Ácido de Mina (DAM). Todo ello con el objetivo final de mejorar la calidad del agua en el río Ribeira de Corona (cuenca del río Sado).

Como ya se ha mencionado, esta comunicación se centra en las actuaciones desarrolladas en el escenario español, concretamente en la antigua mina de caolín "Santa Engracia" (Peñalén, Guadalajara; 40°40'13,18"N; 2°03'53,46"O), en sus dos frentes de explotación y escombreras asociadas y en la escombrera de Hoya Grande generada también durante la explotación de la mina (Figura 1). En este escenario se van a restaurar y mejorar un total de 30 hectáreas con el objetivo de solucionar el principal problema ambiental del Parque Natural del Alto Tajo –la degradación de hábitats fluviales por contaminación física. A finales de 2021, se han restaurado ya, en Peñalén, cerca de 8 hectáreas, correspondientes a los principales focos de emisión de sedimentos. Las actuaciones están permitiendo reducir la erosión y el aporte de sedimentos al río Tajo desde estas zonas mineras, mediante su estabilización y restauración, mejorando así la calidad del río.

3. Metodología

Como ya se ha adelantado, el proyecto LIFE RIBERMINE en Peñalén está enfocado en la restauración "real" de antiguos espacios mineros con el objetivo final principal de recuperar hábitats fluviales degradados por el aporte de sedimentos. Para llevar a cabo esta restauración se han aplicado, de forma holística, toda una serie de mejores técnicas disponibles para la restauración minera. Estas técnicas intervienen en todos los aspectos alterados por la actividad minera: topografía, red de drenaje, suelos y vegetación. El proyecto también incluye el seguimiento de la evolución de

los espacios restaurados así como de la fauna y los hábitats fluviales situados aguas abajo de la mina Santa Engracia. A continuación se explican las técnicas y métodos aplicados.

3.1 Restauración Geomorfológica

La Restauración Geomorfológica constituye el primer paso para abordar una restauración real y funcional de los espacios degradados por la actividad minera. Mediante ella se actúa en la topografía y red de drenaje, así como en la reestructuración de sustratos que posteriormente serán cubiertos por suelos y vegetación.

3.1.1 Restauración geomorfológica fluvial – GeoFluv™–Natural Regrade

Desde aproximadamente el año 2000 existen nuevas tecnologías y software para el diseño de paisajes post-mineros utilizando principios geomorfológicos. Estos métodos permiten una mayor integración hidrológica y ecológica (funcionalidad) y paisajística (visual) de las restauraciones mineras en su entorno. Pero, sobre todo, son formas más estables al corresponder con estados de relieves más 'maduros', y por tanto más evolucionados. GeoFluv™–Natural Regrad es un método para diseñar geoformas (cauces, lomas, vaguadas, divisorias...) articuladas en torno a cuencas hidrográficas, que son así las unidades básicas de restauración topográfica. Este método se puede aplicar en espacios mineros abandonados, pero idealmente se aplica, y debería aplicarse, en paralelo –es decir de modo progresivo- a la restauración. Una descripción del método pueden encontrarse en varios artículos, y su explicación en esta comunicación excede los objetivos de la misma, de modo que referimos al lector a esas fuentes (ver, por ejemplo, Bugosh y Epp, 2019). Si bien este método viene utilizándose en España desde el año 2010 (Zapico et al., 2018; Martín Duque et al., 2020, 2021), lo cierto es que LIFE RIBERMINE constituye el caso más completo de cuantos se han diseñado y construido en nuestro país. Y no sólo por su extensión, sino, sobre todo, por la dificultad del punto de partida, puesto que se aplica a un escenario de pendientes muy elevadas –y con muy poco espacio para la acumulación de escombreras–, sobre materiales muy erosivos, y con precipitaciones muy erosivas.

De hecho, con anterioridad a esta actuación, Martín Moreno et al. (2018) midieron tasas de erosión de 353 t ha⁻¹ año⁻¹ en estas escombreras de la mina Santa Engracia, en el denominado "frente de la pista a Poveda" o "frente de la pista al río Tajo". La Figura 2 muestra la evolución geomorfológica, erosiva de las escombreras de la mina Santa Engracia, en su localización del frente a Poveda. Como puede observarse, desde 1990, una vez finalizada la explotación, y realizadas labores de rehabilitación (construcción de terrazas y extendido de tierra vegetal sobre las bermas (imagen de paisajes españoles), en 2020 ese mismo escenario, tras 30 años de evolución erosiva, adquirió una morfología de cárcavas 'badlands'.

Figura 3. Izquierda, proceso de extendido de carga de fondo en los nuevos cauces fluviales. derecha, aspecto final del armado de uno de los nuevos cauces fluviales.



La construcción de nuevos relieves mediante GeoFluv™-Natural Regrad ha incluido también el suministro de carga de fondo ('armado') a los nuevos cauces fluviales, diseñados y contruidos en las escombreras mineras de Santa Engracia. Este proceso pretende restablecer una funcionalidad fluvial completa en los paisajes post-mineros (Figura 3).

3.1.2 Modelos de evolución del paisaje – SIBERIA

El uso de métodos de diseño de geoformas con principios geomorfológicos (como GeoFluv™) a través de software específico (como Natural Regrade) ha supuesto un importante avance en el esfuerzo de integrar las restauraciones mineras en su entorno. Sin embargo, tras realizar esos diseños, siempre existe la pregunta de si las geoformas diseñadas son estables o no. Por ello, es importante que esos diseños sean evaluados desde un punto de vista de su estabilidad erosiva. GeoFluv™-Natural Regrad permiten realizar tales evaluaciones. También toda una serie de modelos de erosión (como RUSLE o WEPP), que permiten predecir tasas de erosión. El uso de modelos de erosión para evaluar la estabilidad de espacios mineros está muy extendido en países como Australia, pero son prácticamente inexistentes en España. Sin

embargo, esos modelos de erosión no predicen la localización espacial de las formas erosivas, resultado que sí permiten los denominados modelos de evolución del paisaje (como SIBERIA o CAESAR). Por este motivo, en LIFE RIBERMINE se ha utilizado el modelo SIBERIA. SIBERIA ha sido utilizado extensivamente por la industria minera desde la década de 1990, sobre todo en Australia, para evaluar la erosión de paisajes post-mineros (Willgoose and Riley, 1998; Hancock et al., 2008; Hancock and Willgoose, 2018). Al igual que ocurre con GeoFluv™, este método aparece descrito, en detalle, en decenas de artículos científicos, de modo que referimos al lector a los mismos para una comprensión detallada al respecto. Se da la circunstancia de que LIFE RIBERMINE es el proyecto de restauración minera que utiliza, por primera vez en Europa, SIBERIA (tanto referido a diseños topográficos convencionales como de restauración geomorfológica). Con anterioridad, Hancock et al. (2019) lo utilizaron con los mismos fines en Australia. El uso de SIBERIA proporciona:

- a). Visualización del tipo de erosión que ocurrirá en los espacios restaurados (por ejemplo regueros o cárcavas), y localización precisa de dónde ocurrirá dicha erosión.

Figura 4. Izquierda, vista de detalle del frente de explotación de Santa Engracia, en el que se observa como el método extractivo ha configurado un escarpe vertical en distintas capas geológicas. derecha, perfil de ladera natural en las inmediaciones de Santa Engracia, donde se observa cómo los niveles de dolomías muestran escarpes verticales, intercalados entre taludes (correspondientes a sustratos de margas o arenas y arcillas). (imágenes de diedro).



- b).** Tasas de erosión, tanto en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ como estimación media de denudación ($mm\ año^{-1}$)

El modelo puede simular desde el corto plazo (décadas) hasta siglos e incluso milenios. Una magnífica síntesis de la aplicación de SIBERIA a espacios mineros puede encontrarse en Hancock and Willgoose (2018).

En el contexto de LIFE RIBERMINE, SIBERIA se ha aplicado a los diseños GeoFluv™ de las escombreras exteriores y también del hueco de la mina Santa Engracia de la pista que baja al río Tajo.

3.1.3 Réplica de acantilados y escarpes naturales

– Talud Royal®

Los métodos de explotación de frentes mineros, ya sean mediante voladuras o medios mecánicos, suelen “biselar” por igual distintos estratos geológicos (Figura 3), los cuales muestran una erosión diferencial en la naturaleza. De manera muy simplificada, el método del Talud Royal® ‘reproduce’ configuraciones de acantilados naturales (Figura 3) en frentes de explotación, otorgándoles una alta estabilidad e integración ecológica y visual.

3.2 Manejo de sustratos y suelos

La reposición de suelo constituye el segundo paso de la restauración de los espacios degradados en minería. Dentro de LIFE RIBERMINE, las actuaciones en Santa Engracia han consistido en:

- a).** Utilizar como sustrato o cubierta superficial, recubriendo los estériles mineros carentes de capacidad edáfica, toda una serie de coluviones carbonáticos existentes en el entorno de la antigua mina. Paradójicamente, el uso de las formaciones superficiales que recubren los sustratos geológicos, y que en la mayor parte de los casos constituyen el sustrato sobre el que se desarrolla el suelo edáfico, está muy poco extendido en minería. La ventaja de los coluviones carbonáticos, en este caso, se deben a que poseen una textura edáfica equilibrada, a presentar un pH ligeramente básico y a contener un alto nivel de pedregosidad.
- b).** Frente a las prácticas extendidas y perjudiciales (en términos erosivos, ecológicos y visuales) de realizar acabados “lisos” y “homogéneos”, LIFE RIBERMINE ha promovido el aumento de la rugosidad superficial del suelo, mediante el incremento de la pedregosidad o mediante el uso de restos vegetales. La práctica perjudicial de construir taludes de restauración minera con apariencia ‘lisa’, otorga una falsa impresión de ‘buen acabado’, y de un trabajo ‘bien hecho’, pero el establecimiento de la vegetación suele fallar, y la erosión se incrementa. En cambio, las superficies rugosas, que otorgan una apariencia ‘fea’ al profano, favorecen la infiltración de agua, aceleran el establecimiento de la vegetación y disminuyen el flujo de agua a la red de drenaje. Este aumento de la rugosidad también se ha conseguido mediante tratamientos localizados de descompactación.



Figura 5.

Extendido de formaciones superficiales coluvionares sobre los esteriles que conforman relieves diseñados con principios geomorfológicos.



Figura 6. Operarios realizando el tumbado de cereal sobre relieves diseñados con principios geomorfológicos.

- c). A nivel pionero –hasta donde hemos podido llegar a conocer–, LIFE RIBERMINE ha incorporado la práctica de tumbado de cereales sembrados. Al realizar esta práctica, se ha conseguido crear una cubierta de ‘mulch’, con efectos beneficiosos para el suelo, tales como establecer una cubierta de restos vegetales, protectora ante la erosión, reducir la evapotranspiración del suelo, al aumentar la insolación sobre el mismo, y favorecer la acumulación de semillas dispersadas sobre estas superficies.

La Figura 5 muestra el proceso de extendido de formaciones superficiales coluvionares (tonos ocre) sobre relieves diseñados con principios geomorfológicos y contruidos con estériles mineros con nula capacidad edáfica (arenas síliceas y arcillas), tonos claros. La Figura 6 muestra el proceso de tumbado de cereal sobre relieves diseñados y contruidos con principios geomorfológicos.

3.3 Revegetación

La revegetación es el último paso de la restauración. En el caso de la mina Santa Engracia y las escombreras asociadas, para su revegetación se cuenta, por un lado, con el efecto de la colonización pasiva desde los bosques del entorno, y por otro, con actuaciones de revegetación activa. La comunidad vegetal-objetivo a la que se quiere llegar a largo plazo es un pinar-quejigar. Para ello es preciso, previamente: a) asegurar la estabilidad del suelo frente a la erosión; b) promover la actividad biológica en el suelo; y c) introducir especies vegetales facilitadoras que favorezcan el ensamblaje de la comunidad forestal. En las zonas de mayor riesgo de erosión (pendiente > 30°) se ha aplicado el método de “acolchado-semillado”, que consta de los siguientes pasos: 1. adición de estiércol (oveja y gallinaza) y de tierra fina; 2. Extensión de material vegetal (plantas y semillas) procedente de la siega de pastos naturales del entorno, el cual actúa como acolchado (mulch); 3. Extensión sobre él de una red orgánica de fibra

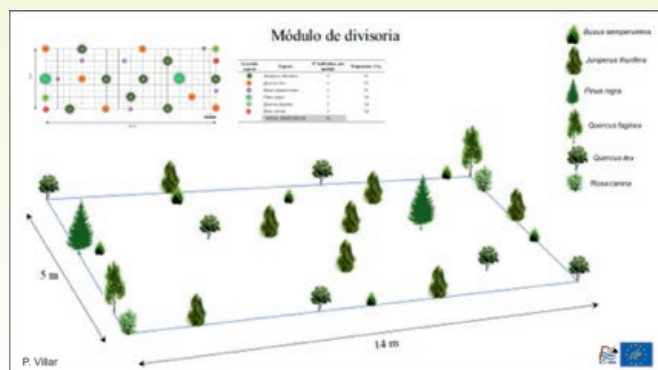


Figura 7. Ejemplo de distribución de los módulos de plantación

de coco. Posteriormente, al cabo de 2 años se introducirá la vegetación arbórea y arbustiva.

En las zonas de menor riesgo de erosión –pero, aun así, con riesgo importante de erosión– el esquema de actuación ha sido equivalente, pero con otras técnicas: 1. adición de estiércol (oveja y gallinaza) y de abono químico; 2. Siembra de

Figura 8. Ejemplo de disposición de especies a plantar en el módulo para zonas medias y bajas de ladera.



semillas de herbáceas y caméfitos (pequeños matorrales), reforzada con la siembra de trigo y esparceta para el control de la erosión; 3. Extensión de una manta orgánica paja y coco (sólo en las laderas más erosivas). 4. Posteriormente, al año siguiente, se ha realizado una plantación arbóreo-arbustiva en módulos.

Las especies de herbáceas y caméfitos introducidas se han seleccionado a partir de inventarios de vegetación realizados en los ecosistemas de referencia de la zona. Las herbáceas son las siguientes: *Anthyllis vulneraria*, *Brachypodium phoenicoides*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca ovina* y *Onobrychis viciifolia*. Los caméfitos, algunos facilitadores y otros protectores del suelo y/o generadores de estructura de la comunidad, son los siguientes: *Genista scorpius*, *Lavandula latifolia*, *Santolina chamaecyparissus*, *Satureja intricata* y *Thymus vulgaris*.

La plantación arbórea se realiza en núcleos (módulos) diseminados por el conjunto de la superficie restaurada que, a largo plazo, actuarán como focos de colonización posterior. Una de las originalidades del proyecto es que la revegetación se ajusta a la distribución espacial de la humedad en el paisaje generado con GeoFluv™. Por ello se han diseñado 4 módulos de plantación diferentes. Por otro lado, el diseño de los módulos también tiene en cuenta la intensa herbivoría de los ungulados en el Alto Tajo, por lo que cada módulo presenta una orla de arbustos espinosos. Los módulos son los siguientes (ver también figura 7):

- a). Módulo para divisorias y zonas altas de ladera, exportadoras de agua: *Juniperus thurifera*, *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Pinus nigra*, *Quercus faginea* y *Rosa canina*
- b). Módulo para zonas medias y bajas de ladera, con disponibilidad intermedia de agua: *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Pinus nigra*, *Quercus faginea* y *Rosa canina*.

El estudio de la evolución de los relieves construidos se está realizando con fotografías aéreas y toma de topografía mediante técnicas de fotogrametría con dron

c). Módulo para vaguadas en ladera, importadoras de agua: *Salix purpurea* / *eleagnos*, *Acer monspessulanum*, *Rosa canina* y *Buxus sempervirens*.

d). Módulo para cauces: *Fraxinus angustifolia*, *Salix purpurea* / *eleagnos*, *Acer monspessulanum* y *Rosa canina*.

En la figura 8 se muestra como ejemplo el módulo para divisorias y zonas altas de ladera.

La plantación se ha realizado mediante ahoyado mecánico. En cada hoyo se han adicionado 200-300 g de estiércol. Como parte de la colaboración con el proyecto LignoBioLife se ha realizado una experiencia de aplicación de biochar en los hoyos de 9 módulos de ladera. Los plantones de encinas, quejigos, fresnos y arces cuentan con tubos protectores y los pinos con malla negra. En todos los casos, van dos tutores de bambú.

3.4 Seguimiento

El proyecto LIFE RIBERMINE incluye también tareas específicas de seguimiento, tanto de las zonas restauradas como de los medios fluviales aguas abajo. Este seguimiento no es nada habitual en los trabajos de restauración, si bien empieza a considerarse un aspecto clave, pues permite evaluar si los trabajos realizados alcanzan los objetivos esperados, así como detectar desviaciones que se hayan podido producir y actuar para repararlas.

En Peñalén, el seguimiento de las zonas restauradas se está realizando para los tres aspectos de la restauración: topografía, suelos y vegetación. El estudio de la evolución de los relieves construidos se está realizando con fotografías aéreas y toma de topografía mediante técnicas de fotogrametría con dron. Además se han instalado una serie de diques a la salida de tres cuencas GeoFluv™ construidas y también en una cuenca natural para medir el sedimento erosionado y de este modo comprobar si la erosión es asumible y comparable a la del entorno natural (Figura 9).

Figura 9.

Diques para medir la erosión en una cuenca GeoFluv™ en construcción.



El seguimiento del suelo está enfocado a su caracterización físico-química, para ello se tomaron muestras de toda la superficie. El objetivo del análisis de estas muestras es tener una caracterización general de los diferentes tipos de sustrato aplicados inmediatamente después de la restauración y se tomarán más muestras a medida que avance el proyecto para estudiar su evolución. En otoño de 2020, se tomaron un total de ocho muestras en las que se analizaron diferentes parámetros: granulometría, (textura por el método de Boyoucos y el método de la pipeta de Robinson), pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbonatos, nitrógeno, fósforo y determinación de los cationes K, Na, Ca y Mg por espectrometría de absorción atómica. Los análisis fueron realizados por un laboratorio de referencia (IMIDRA). También se realizarán mediciones de la respiración de los suelos para estudiar la actividad biológica que será comparada con mediciones en suelos naturales del entorno y se instalarán una serie de varillas para estudiar la humedad del suelo mediante reflectometría de dominio de tiempo (*Time Domain Reflectometry*, TDR) y así poder evaluar la infiltración del agua en distintas topografía y con sustratos diferentes.

En el caso de la vegetación, se está realizando el seguimiento anual (campo e imágenes) de la cobertura vegetal de las especies sembradas, así como de la composición de especies. Asimismo, se ha iniciado un estudio del banco de semillas del suelo para observar su evolución. Respecto de la plantación, se hará el seguimiento de supervivencia y crecimiento de los plántones. Estas observaciones se complementan con las medidas de humedad edáfica y de las propiedades físico-químicas del suelo.

El seguimiento de los medios acuáticos se inició antes de realizar ninguna tarea de restauración para, de este modo, tener información pre-restauración y poder evaluar si las actuaciones del proyecto consiguen el objetivo marcado de mejora de los hábitats fluviales. Los trabajos realizados se centran en el estudio de varios indicadores bióticos y también de la hidromorfología del río Tajo en el tramo más próximo a la zona de restauración. Para ello se han estudiado comunidades de macroinvertebrados bentónicos y peces del río Tajo, así como de algunos depredadores terrestres (mirlo acuático (*Cinclus cinclus*), martín pescador

Figura 10. Vista 3d de los diseños GeoFluv™—Natural Regrade para el frente de santa engracia (escombreras exteriores y hueco), en el frente de la pista a poveda.

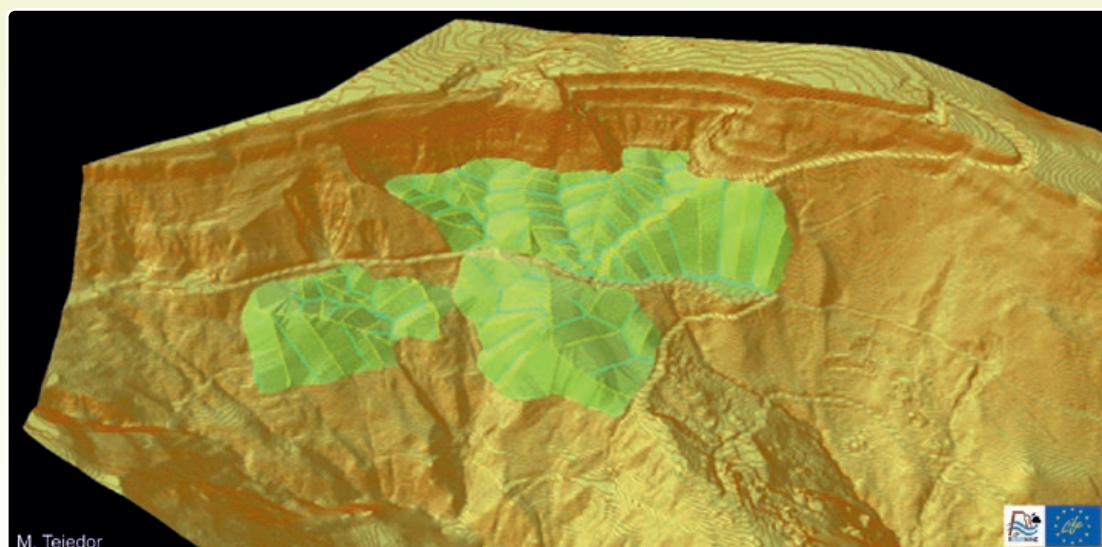




Figura 11. Comparativa de imágenes áreas oblicuas de las actuaciones del año 2020 en LIFE RIBERMINE. Imagen de marzo de 2020, cortesía de DIEDRO; imágenes de noviembre de 2020 y mayo de 2021, cortesía de Fotolanga.

(*Alcedo atthis*) y nutria (*Lutra lutra*). Además, se ha realizado una caracterización hidrológica del río para evaluar su capacidad de movilización de los sedimentos y se ha estudiado la colmatación de los cauces con finos mediante el método Lachnace y Dubé (2004).

4. Resultados

4.1 Restauración geomorfológica

4.1.1 Restauración geomorfológica fluvial – GeoFluv™–Natural Regrade

Los relieves topográficos construidos hasta la fecha (diciembre 2021) han seguido fielmente los diseños GeoFluv™ elaborados. Esta nueva topografía ha permitido reducir pendientes y crear paisajes funcionales y visualmente mejor integrados en el entorno, esto además junto con el resto de actuaciones en suelos y vegetación, como era el objetivo, ha reducido la susceptibilidad a la erosión lo que minimiza los aportes de sedimentos a la red fluvial del entorno permitiendo así la recuperación de los hábitats acuáticos afectados. La figura 10 muestra el Modelo Digital de Elevación (MDE) del diseño de restauración geomorfológica propuesto para el hueco de la pista a Poveda y las escombreras exteriores de la mina Santa Engracia. Y la figura 11 permite visualizar los resultados de construcción de la primera fase del proyecto, durante el año 2020, de las escombreras exteriores, así como la evolución inicial de la cubierta vegetal sobre las mismas.

4.1.2 Modelos de evolución del paisaje – SIBERIA

El modelo SIBERIA, aplicado a las escombreras exteriores y del hueco de la mina Santa Engracia de la pista que baja al río Tajo, muestra una evolución aceptable de los diseños GeoFluv™ a largo plazo. Únicamente se han identificado algunas pequeñas zonas donde se podrían producir encajamientos o regueros transcurridos 10 años. Por ello, en estas zonas las tareas de reposición de suelos y revegetación se han incrementado, para de este modo, prevenir los procesos de erosión. La figura 12 muestra una comparativa del resultado de modelación con SIBERIA de la escombrera exterior oeste de Santa Engracia. Para 100 años, la tasa de erosión obtenida ha sido de 6.3 t ha⁻¹ año⁻¹, que puede considerarse objetivamente muy baja. Esta modelación ha sido realizada por Greg Hancock, de la Universidad de Newcastle (Australia).

4.1.3 Réplica de acantilados y escarpes naturales – Talud Royal®

El remodelado de los taludes de la mina Santa Engracia se inició a finales de diciembre de 2021, por lo que no se dispone de resultados concretos al envío de esta comunicación. La Figura 13 muestra el diseño del Talud Royal®, elaborado por el propio inventor del método (Paul Royal) para la mina Santa Engracia, en la que se reproducen las geoformas naturales de la parte superior de los cañones del Alto Tajo. La Figura 14 muestra la realización de voladuras en diciembre de 2021, dirigidas a obtener el diseño de “parte superior de cañón natural” proyectado.

4.2 Manejo de sustratos y suelos

El manejo de sustratos y suelos está dando muy buenos resultados ya que está permitiendo el perfecto desarrollo de la

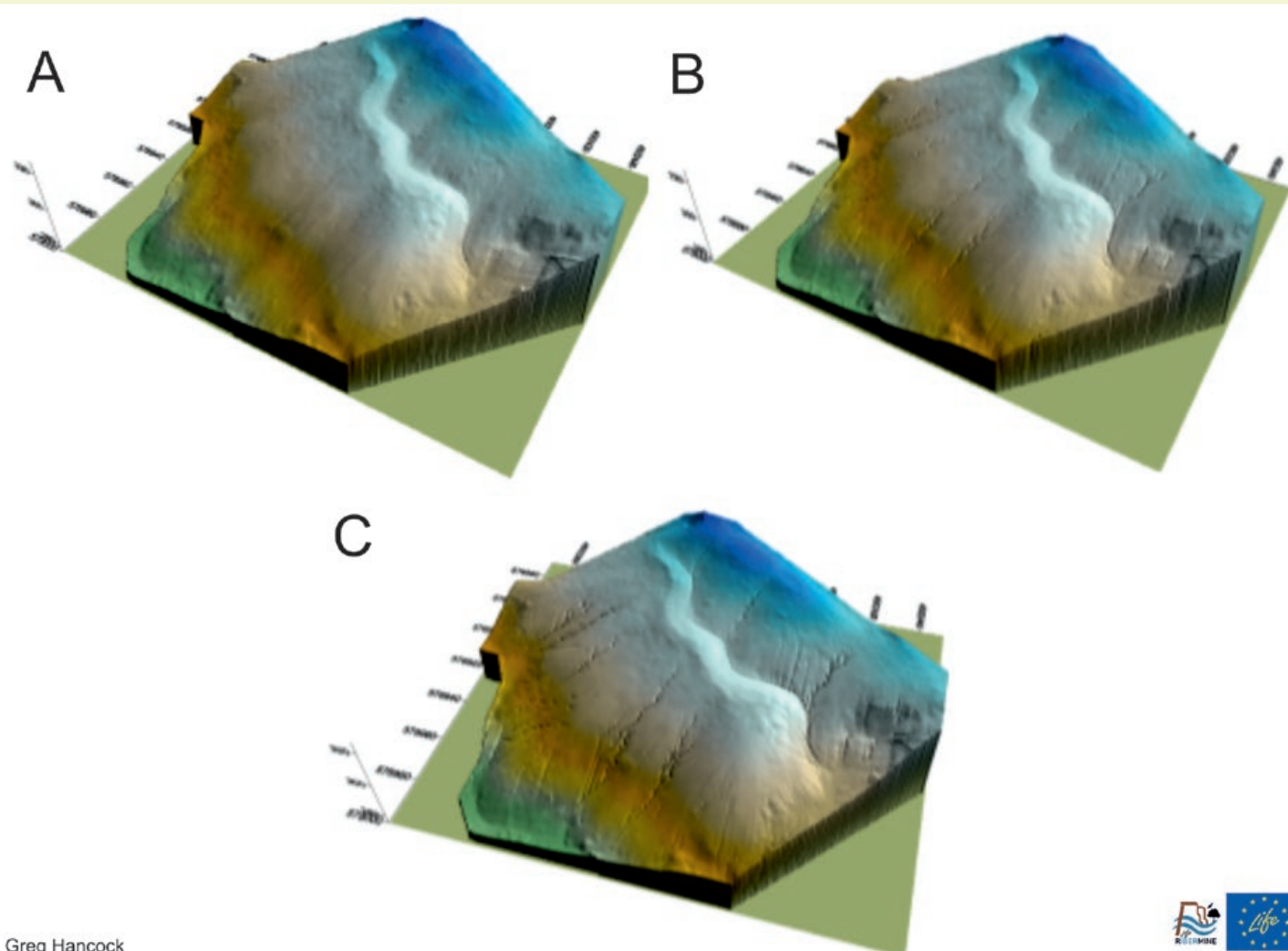


Figura 12. Modelación con SIBERIA de la escombrera exterior oeste de Santa Engracia. a) evolución en 10 años; b) evolución prevista en 50 años; c) evolución prevista en 100 años (autor: Greg Hancock, Universidad de Newcastle, Australia).

vegetación observándose una cobertura vegetal homogénea en toda la superficie restaurada. Además, no se han observado importantes signos de erosión (grandes regueros o formación de cárcavas) por lo que se considera que la rugosidad aportada, así como las propias propiedades de los sustratos, ayudan a la infiltración y reducen la erosión por escorrentía superficial. Esto, además, favorece la disponibilidad de agua para las plantas.

Los resultados obtenidos para las muestras de suelo analizadas hasta la fecha se muestran en la Tabla 1.

Revegetación

Como ya se ha explicado y puede observarse en la figura 11, la implantación de la cubierta herbácea el primer año ha

conseguido proteger de la erosión las superficies restauradas, a pesar del temporal Filomena. Se considera que el establecimiento de la cubierta de trigo y su tumbado posterior han contribuido al control de la erosión. Los datos preliminares muestran algunas actuaciones favorecen claramente la cobertura y la diversidad vegetales: el tratamiento de acolchado-semillado; la manta orgánica; el abonado orgánico; y el sustrato de coluvión carbonático.

4.4 Seguimiento

Los resultados de seguimiento disponibles hasta la fecha (diciembre de 2021) para la topografía, suelos y vegetación se han incluido en los apartados anteriores. Aquí se incluyen los resultados correspondientes al seguimiento de los ecosistemas fluviales.

El estudio la hidromorfología del río Tajo muestra que el encenagamiento causado por los sedimentos provenientes de la mina Santa Engracia (antes de su restauración) y otras laderas del entorno tiene efectos nocivos para las comunidades de peces y macroinvertebrados. Sin embargo, dado que el río es capaz de movilizar estos sedimentos, se prevé una vuelta a las condiciones de referencia una vez que el proyecto LIFE elimine la perturbación. Por lo tanto, tanto los peces como los macroinvertebrados deberían recuperarse sin necesidad de nuevas medidas de restauración.

La descripción del estado de las comunidades de peces y macroinvertebrados, anterior a la aplicación de las medidas de restauración del proyecto LIFE proporciona el punto de referencia para evaluar su eficacia. Además, se ha proporcionado una metodología adecuada para el seguimiento y evaluación de estas medidas en lo que respecta a las comunidades de peces y macroinvertebrados del Alto Tajo. Estos resultados han sido presentados como Trabajo de Fin de Máster por Clive Dove en el 'Máster Universitario de Restauración de Ecosistemas' celebrado conjuntamente por la Universidad de Alcalá de Henares, la Universidad Complutense, la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Rey Juan Carlos en octubre de 2020 (Dove 2020).

5. Conclusiones

LIFE RIBERMINE pretende tener un carácter demostrativo y pionero en las restauraciones mineras, no sólo en el ámbito nacional, sino en el europeo. El carácter vanguardista de este proyecto se pone de manifiesto en evidencias como las siguientes (referidas a la actuación en Peñalén, Guadalajara, España). (a) es el primer proyecto de restauración minera, en el ámbito europeo, que utiliza el modelo de evolución del paisaje SIBERIA, muy común en Australia; (b) es el primer proyecto de restauración minera, en un ámbito global, que combina el uso de GeoFluv™–Natural Regrade y Talud Royal®; y (c) integra la revegetación, el sustrato y las formas de relieve para optimizar el uso del agua por las plantas.

Con el uso de un conjunto amplio de mejores técnicas disponibles de restauración minera (restauración geomorfológica, de suelos, de vegetación, técnicas de seguimiento...) LIFE RIBERMINE pretende demostrar que existe actualmente tecnología, software, conocimiento y experiencia suficiente para realizar excelentes restauraciones mineras, capaces de reconstruir ecosistemas y paisajes funcionales, proveedores de servicios ecosistémicos en espacios transformados por actividades extractivas, superando el enfoque 'corrector' y 'rehabilitador' aún dominante. Estas técnicas no pretenden 'borrar' el pasado minero, si es que éste es merecedor de una puesta en valor patrimonial. Sin embargo, para actividades extractivas que operan en paisajes y ecosistemas sensibles, y de alta calidad (lo cual es

muy común), las técnicas mostradas se demuestran eficientes, y permiten compatibilizar el beneficio económico con la conservación de bienes y servicios ecosistémicos, especialmente si se aplican desde el diseño inicial de la explotación y durante el desarrollo de la misma.

6. Agradecimientos

El proyecto LIFE RIBERMINE tiene un enfoque multidisciplinar y es muy amplio y complejo. En él intervienen numerosos expertos y técnicos que forman parte del proyecto y a los que los autores queremos mostrar nuestro agradecimiento. Con relación a la parte española del Proyecto y a la ejecución de los trabajos de movimiento de tierras, es necesario mencionar el importante papel de las empresas CAOBAR, S.A. y Excavaciones Félix Moya, S.L., con la Dirección facultativa de Lázaro Sánchez Castillo, (CAOBAR, S.A.), la coordinación logística de Rafael Peris Orríos, (CAOBAR, S.A.), los jefes de obra Ángel Félix Moya Gálvez, Jesús González Oñoro, (Excavaciones Félix Moya, S.L.) y a todo el personal de ambas empresas, que participa activamente en el proyecto. También queremos agradecer el asesoramiento de Nicholas Bugosh, (empresa GeoFluv, Estados Unidos) durante la elaboración de los diseños GeoFluv™ y de Paul Royal, (Génie Géologique, Francia) por sus diseños de Talud Royal®. A Gregory R. Hancock, (Universidad de Newcastle, Australia) debemos darle las gracias por la modelación de la estabilidad erosiva de los diseños GeoFluv™ con SIBERIA. Agradecer también el estudio Geotécnico y de Estabilidad de Taludes realizado por José María Iraizoz Fernández y sus colaboradores, (Universidad de Castilla-La Mancha). A Avelino García (Científico Titular) le damos las gracias por la dirección de los trabajos de acolchado-semillado. El diseño y seguimiento de los trabajos de revegetación deben agradecerse a Tíscar Espigares Pinilla y Pedro Villar Salvador, (Universidad de Alcalá) y a Jaume Tormo Blanes, (Universidad de Zaragoza) y la coordinación de estos trabajos a Javier Barrado Gozalo y Federico Romero Gutiérrez de GEACAM. Agradecemos también la realización de distintos trabajos de campo (plantación, extendido suelos, etc.) por parte de la empresa Albar Forestal S.L. El importante seguimiento de los hábitats acuáticos debemos agradecerlo a especialistas de la Universidad Politécnica de Madrid, Diego García de Jalón, Carlos Alonso González, Clive Alexander Dove y Marcos Jerónimo Melero García. José Antonio Lozano Díaz y Ángel Vela Laina (Directores del Parque Natural del Alto Tajo) se han ocupado de la supervisión de todas las tareas de revegetación, gracias por ello. También agradecemos la grabación y edición audiovisual del video divulgativo del proyecto de Miguel Ángel Langa (Fotolanga.es). Agradecemos las facilidades dadas por el Ayuntamiento de Peñalén, especialmente a su alcaldesa Esther Rubio, por su magnífica disposición y colaboración.

Referencias

- (1) Bugosh N., Epp E. 2019. Evaluating sediment production from native and fluvial geomorphic reclamation watersheds at La Plata Mine. *Catena* 174: 383–398.
- (2) Dove C.A. 2020. Respuesta de las comunidades de peces y macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del Alto Tajo a la contaminación por sedimentos inertes procedentes de la minería del caolín. Propuesta de medidas de restauración ecológica. Trabajo de Fin de Máster del Máster interuniversitario de Restauración de Ecosistemas. Universidad Politécnica de Madrid.
- (3) Hancock G.R., Lowry J.B.C., Moliere D.R., Evans K.G. 2008. An evaluation of an enhanced soil erosion and landscape evolution model: a case study assessment of the former Nabarlek uranium mine, Northern Territory, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(13): 2045-2063.
- (4) Hancock G.R., Willgoose G.R. 2018. Sustainable Mine Rehabilitation – 25 Years of the SIBERIA Landform Evolution and Long-term Erosion Model. From start to finish: a life-of-mine perspective, Australian Institute of Mining and Metallurgy.
- (5) Hancock G.R., Martín Duque J.F., Willgoose G.R. 2019. Geomorphic design and modelling at catchment scale for best mine rehabilitation – the Drayton mine example (New South Wales, Australia). *Environmental Modelling and Software* 114: 140 151.
- (6) Lachnace S., Dubé M. 2004. A New Tool for Measuring Sediment Accumulation With Minimal Loss of Fines. *North American Journal of Fisheries Management* 24(1):303-310. DOI:10.1577/M02-087
- (7) Martín-Moreno C., Martín Duque J.F., Nicolau J.M., Muñoz A., Zapico I. 2018. Waste dump erosional landform stability – a critical issue for mountain mining. *Earth Surface Processes and Landforms* 43: 1431–1450.
- (8) Martín-Moreno C., Martín Duque J.F., Nicolau J.M., Hernando N., Sanz M., Castillo L. 2016. Effects of topography and surface soil cover on erosion for mining reclamation. The experimental spoil heap at El Machorro mine (Central Spain). *Land Degradation & Development* 27: 145-159.
- (9) Martín Duque J.F., Tejedor M., Martín Moreno C., Nicolau J.M., Sanz Santos M.A., Sánchez Donoso R., Gómez Díaz J.M. 2020. Geomorphic landscape design integrated with progressive mine restoration in clay quarries of Catalonia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 35(6), 399-420.
- (10) Martín Duque J.F., Zapico I., Bugosh N., Tejedor M., Delgado F., Martín-Moreno C., Nicolau J.M. 2021. A Somolinos quarry land stewardship history: From ancient and recent land degradation to sensitive geomorphic-ecological restoration and its monitoring. *Ecological Engineering*, 170, 106359, 1-18.
- (11) Willgoose G.R., Riley S. 1998. The long-term stability of engineered landforms of the Ranger Uranium Mine, Northern Territory, Australia: application of a catchment evolution model. *Earth Surface Processes and Landforms*. 23(3): 237-259.
- (12) Zapico I., Martín Duque J.F., Bugosh N., Laronne J.B., Ortega A., Molina A., Martín-Moreno C., Nicolau J.M., Sánchez L. 2018. Geomorphic Reclamation for reestablishment of landform stability at a watershed scale in mined sites: the Alto Tajo Natural Park, Spain. *Ecological Engineering* 111: 110-116.



BREVES

Debate sobre las futuras tasas de residuos



El Campus de Ciudad Real de la UCLM acogió el pasado día 10 de abril una jornada en la que bajo el título “La financiación local de la gestión de residuos” se desarrolló un debate en torno a la implantación de la futura tasa tributaria local para financiar la gestión de los residuos domésticos, que contó con la participación de investigadores y actores implicados.

El objetivo de la jornada era analizar el progreso en la aplicación de estos instrumentos fiscales desde la entrada en vigor de la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Para ello se contó con tres mesas, la primera centrada en la situación de la gestión de los residuos en Castilla-La Mancha y los retos para el cumplimiento de las exigencias de la Ley de Residuos; la segunda, dedicada a la problemática jurídica de la financiación local de los costes de la gestión de residuos mediante un gravamen diseñado con criterios de economía circular; y la tercera centrada en las posibles sinergias de la fiscalidad local de residuos con la realidad diversa

de los municipios, abordando temáticas conexas como la despoblación y la digitalización. La Directora General de Economía Circular y Agenda 2030, Esther Haro Carrasco, participó en la primera mesa, en la que explicó que el Gobierno Regional aborda el cumplimiento de los objetivos en materia de residuos por medio del Plan de Prevención y Gestión de Residuos 2030 que será publicado y presentado oficialmente en el mes de mayo, y puso también el foco sobre las actuaciones en el ámbito de la educación ambiental que se vienen desarrollando con el objetivo de contribuir a la prevención y gestión de nuestros residuos, promoviendo actitudes y comportamientos proambientales que contribuyan a la mejora del medio ambiente, así como la consecución de los ODS.

Gemma Patón García, directora de la jornada, destacó que todos aquellos costes que no sean asumidos por la responsabilidad ampliada del productor tienen que ser asumidos y distribuidos entre el conjunto de los ciudadanos. En este sentido señaló que el escenario al que vamos a ir en breve va a ser probablemente a una individualización de la tasa para cada ciudadano, que se diseñará de acuerdo a criterios de pago por generación; es decir, que cada ciudadano pagará en función de lo que vierta en los contenedores resto de nuestros residuos domésticos.

La actividad se enmarca en la ejecución del proyecto CIRCULECON II y III, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por la Unión Europea a través de los fondos Next Generation EU y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. El workshop cuenta con la colaboración de la Cátedra de Economía Circular de la UCLM, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de Ciudad Real.

Fiscalidad medioambiental: iniciativas nacionales y comunitarias

El pasado 30 de marzo tuvo lugar en Ciudad Real la jornada “Fiscalidad medioambiental: iniciativas nacionales y comunitarias”, organizada por la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), y que contó con la participación de distintos expertos que trataron diferentes aspectos relacionados con los ámbitos del medioambiente que se encuentran en el punto de mira de la fiscalidad. En la inauguración de la jornada intervino la Directora General de Economía Circular y Agenda 2030, Esther Haro Carrasco, quien, entre otros temas, destacó la elaboración del nuevo Plan de Prevención y Gestión de Residuos 2023-2030 (en fase de consulta pública), que será una herramienta clave de cara al futuro en materia de economía circular.

Organizada en tres bloques, la jornada abordó cuestiones de actualidad como las emisiones de dióxido de carbono, objeto de prioritario interés para las autoridades nacionales y comunitarias, así como las iniciativas que en el ámbito de las haciendas locales y automáticas se han propuesto recientemente para la lucha contra la crisis ambiental y climática.

El primer bloque contó con la participación de Pedro Herrera y Pablo Chico, profesor de Derecho Financiero y catedrático de Derecho Financiero de la UNED y Tributario de la Universidad Rey Juan Carlos, que centró su intervención en los principios medioambientales, libertades comunitarias y sectores de actuación, así como en las propuestas comunitarias y nacionales de ambientalización del impuesto sobre vehículos.

El segundo se inició con la intervención del catedrático de Política Económica de la UCLM, Miguel Ángel Galindo, que habló sobre la relación entre fiscalidad, medio ambiente y crecimiento; y continuó con la del profesor de Derecho Financiero y Tributario del CEU de Valencia, Iñaki Bilbao, quien hizo una exposición sobre Instrumentos económicos y fiscalidad de emisiones de dióxido de carbono.

En el último bloque participó Gracia María Luchena, profesora de Derecho Financiero y Tributario de la UCLM, con una ponencia titulada “Recientes figuras de imposición autonómica medioambiental”, y Francisco Adame, docente de la Universidad de Sevilla, que habló sobre el factor medioambiental en los tributos locales.



I Jornada de Coherencia de Políticas para un Desarrollo Sostenible

El pasado 21 de marzo se celebró en Toledo la I Jornada de Coherencia de Políticas para un Desarrollo Sostenible, organizada por Futuro en Común y la Coordinadora de ONGD CLM, en el Salón de Actos de la Consejería de Desarrollo Sostenible.

En este evento, pensado como un espacio de reflexión para analizar desde el punto de vista de la sostenibilidad la coherencia de políticas públicas, se abordó la importancia del Índice de Coherencia (Indico), concebido como una herramienta para reconocer, medir y evaluar políticas coherentes e incoherentes. Durante la jornada, se contó con la participación destacada de Natalia Millán y Pablo José Martínez Osés, expertos en la materia que han colaborado en la elaboración del Índice a nivel estatal, y profesionales castellanomanchegos que compartieron ejemplos de buenas prácticas y ofrecieron nuevas perspectivas sobre la puesta en marcha de políticas coherentes con el desarrollo sostenible y la Agenda 2030 en el territorio.

Participaron profesionales como: Esther Haro Carrasco, Directora General de Economía Circular y Agenda 2030 de la Consejería de Desarrollo Sostenible JCCM, Gloria Pérez-Bustos Muñoz,



investigadora del Observatorio Provincial de Sostenibilidad de Albacete (OPSA), Carmen Belén Martínez Escobar, investigadora del Observatorio Local de Sostenibilidad de Albacete (OLSA), Mercedes García Granizo, directora de la Biblioteca Pública de Alovera, y Montserrat Gutiérrez Cobo, coordinadora del proyecto "Aplicación de la Agenda 2030 en la Biblioteca Municipal de Alovera: Refuerzo, integración e inclusión educativa".

Al acto asistieron medio centenar de personas, entre trabajadores de la administración pública y representantes de diferentes ONGD castellanomanchegas, así como trabajadores de entidades del tercer sector.



Compromiso renovado con la ecoetiqueta ecológica europea en Castilla-La Mancha

El pasado 27 de marzo cinco empresas castellanomanchegas renovaron su compromiso con la Etiqueta Ecológica de la Unión Europea en un acto celebrado en la Consejería de Desarrollo Sostenible. Se trata de las empresas Pinturas Jafep, Pinturas Decolor y Pinturas Iriscolor, ubicadas las tres en La Roda (Albacete); así como Pinturas de la Peña, de Mora (Toledo), y Laboratorios Vinfer, también de Albacete.

La etiqueta ecológica de la Unión Europea es un sistema voluntario de etiquetado establecido en 1992, gracias al que los ciudadanos pueden obtener información de los criterios ecológicos que se han seguido para la producción y elaboración de diferentes productos y servicios. Esto permite que las personas consumidoras puedan elegir aquellos productos y servicios que tienen menor impacto sobre el medio ambiente. En la actualidad existen en Castilla-La Mancha 17 licencias de Etiqueta Ecológica de la Unión Europea en vigor,

que amparan un total de 85 productos de siete categorías distintas. El acto fue presidido por la Directora General de Economía Circular, Esther Haro, quien destacó la estrecha colaboración que están prestando las empresas de Castilla-La Mancha para transitar hacia un modelo circular de producción y consumo que está resultando exitoso y se ha convertido en un referente y un modelo a imitar por el resto de regiones. Esther Haro señaló que con la Etiqueta Ecológica de la Unión Europea se contribuye a fomentar dentro del tejido empresarial la sostenibilidad, haciendo que los productos sean más valorados y competitivos en el mercado gracias a este plus de calidad y compromiso ambiental que implica la ecoetiqueta.

La etiqueta ecológica se enmarca dentro de la Estrategia regional de Economía Circular en el eje de competitividad, investigación, desarrollo e innovación, como una potente herramienta de gestión ambiental.



y tú, ¿cómo lo ves?

→ Rocío Halcón



Chozón sabinero.

→ ¿Quieres ver tus fotografías digitales publicadas en estas páginas?

→ ¿Quieres compartir con nosotros tu visión del medio ambiente de nuestra región?



- La Revista Medio Ambiente Castilla-La Mancha pone a tu disposición una sección en la que se publicará una selección de las fotos remitidas por los lectores.
- Participa enviándonos tus imágenes digitales a revistama@jccm.es junto con tu nombre, apellidos y dirección, y un texto breve sobre la fotografía enviada.
- Las imágenes, en formato jpeg o tiff, deberán tener una resolución mínima de 300 ppp, y no exceder un tamaño máximo

→ Tasón



Atropa baetica Willk. Tabaco de pastor en el Alto Tajo.



y tú, ¿cómo lo ves?

→ Francisco Plaza



Vanessa atalanta, reina del camuflaje.

Colabora:



Castilla-La Mancha



Tú eres la llave

reduce → reutiliza
→ separa → recicla

#Túereslallave



**Tú
eres
la llave**
reduce → reutiliza
→ separa → recicla



ecovidrio
ENTIDAD SIN ÁNIMO DE LUCRO





LOS RESTOS
DE COMIDA
AL MARRÓN

ORGÁNICA



Castilla-La Mancha