



Restauración geomorfológica de canteras CEMEX España

 **SECTOR** Extractivo

 **PROMOTOR DEL PROYECTO**
CEMEX España S.A.

 **COLABORADORES** Universidad de Barcelona, Universidad de Zaragoza, Universidad Complutense de Madrid. Este proyecto se enmarca en el LIFE + ECORESTCLAY

 **LOCALIZACIÓN** Entidad Municipal Descentralizada de Campredó, Tortosa, Tarragona, Cataluña, España

 **ESCENARIO TEMPORAL** 2013 a 2018

Características ambientales del entorno

La zona de explotación corresponde a 80 ha en la zona del Bajo Ebro, con 15 hábitats diferentes según las características morfológicas y de vegetación, así como una laguna permanente de 6.000 m², y varias balsas y zonas húmedas temporales.

Causas de la degradación

La explotación de siete canteras de arcilla, materia prima utilizada para la fabricación de cemento. La zona a restaurar correspondía a tres canteras de arcilla en su fase final de aprovechamiento, o ya sin explotación, denominadas Aurora, Pastor I y Pastor II, de 4, 15 y 9 ha, respectivamente. En Aurora, con motivo de la actividad extractiva, el arroyo original existente y una laguna creada tras la finalización de una explotación cercana (Cervera) quedaron desconectados hidrológicamente. Además, una amplia superficie de la cantera estaba desprovista de suelos y vegetación, por lo que las crecidas del arroyo y la fuerte erosión de los terrenos carecían de control alguno. Todo ello en un ambiente mediterráneo, en el que las precipitaciones torrenciales son comunes y extremas, lo que dificultaba aún más el establecimiento de vegetación pionera.

Objetivos de la restauración

Conseguir la restauración de la zona de explotación, reconstruyendo una morfología natural acorde con el entorno, y favoreciendo el asentamiento de ecosistemas funcionales y autosostenibles.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: el diagnóstico en el proceso de restauración de las canteras Aurora y Pastor I (ya ejecutadas) se centró en el análisis de las causas de inestabilidad geomorfológica. Una vez identificadas, se empleó el método GeoFluv, aplicable a través del software Natural Regrade, para diseñar y construir cuencas hidrográficas estables. Para ello, se usaron, exclusivamente, los materiales disponibles en las propias explotaciones. Precisamente, la naturaleza físico-química de los materiales a restaurar fundamentaba la identificación del geosistema, base a su vez del ecosistema de referencia. La selección de especies a utilizar en la revegetación se realizó después de estudiar la vegetación circundante e identificar las especies pioneras que podrían sobrevivir en unas condiciones edáficas limitantes.

Ejecución: tras las fases de diagnóstico y diseño – que trata de reproducir los paisajes naturales que rodean los frentes mineros de las canteras de Campredó–, se procedió a la construcción de los relieves proyectados. Para ello, se realizaron replanteamientos topográficos convencionales.

La segunda fase consistió en la creación de un mosaico de suelo, reutilizando los sobrantes de la operación minera, reproduciendo las características físicas, químicas y biológicas de los suelos naturales del entorno circundante. Con ello se buscaba respetar el orden natural de la estructura original del terreno y facilitar así el futuro desarrollo de la vegetación. No se contó con aporte externo de tierras o suelos, con el fin de respetar la composición de los suelos de la zona. De forma puntual, se utilizó hojarasca para favorecer la aparición de fauna edáfica.

En un tercer estadio, se sembraron y plantaron unos 5.000 ejemplares de especies vegetales mediterráneas, con la intención de recrear diversos hábitats en consonancia con el ecosistema de referencia. Para la restauración de Aurora se inventariaron más de 10 tipos de hábitats diferentes y, en cada uno de ellos, se introdujo la flora adecuada para apoyar y promover el desarrollo de fauna específica. Se plantaron y sembraron lentisco (*Pistacia lentiscus*), acebuche (*Olea europea*), pino carrasco (*Pinus halepensis*), espino negro (*Rhamnus lycioides*), palmito (*Chamaerops humilis*), romero (*Rosmarinus officinalis*), jaras (*Cistus sp.*) y otras especies autóctonas. Esta vegetación deberá servir de refugio, alimento y nidificación de especies de fauna. En contadas ocasiones, y para asegurar la supervivencia de ciertas especies de flora, se utilizó hidrogel en el hueco de la plantación, ante la dificultad de acceso del riego a determinadas zonas. A medida que estas plantas se desarrollen, será el propio suelo el que se regenere de forma espontánea y presente los componentes y la estructura natural.

La fase final de todo el proceso consiste en la monitorización del espacio restaurado.

Detalles de interés para la RE

- **GeoFluv es una herramienta** que permite diseñar formas geomorfológicamente estables (en términos de equilibrio dinámico) en formatos CAD. El método comienza con la identificación de las formas del terreno que son estables para los materiales y contexto fisiográfico y climático objeto de actuación, que sirven como análogos para ser reproducidos. Una vez identificados, es necesario medir y obtener una serie de paráme



tros morfológicos, climatológicos e hidrológicos, que se incorporan al software como información de partida. El resultado es el diseño de una nueva red hidrológica, que está funcional y morfológicamente integrada en su entorno. En este caso, existe la particularidad de que a esa conexión se incorporaron una serie de humedales que ocupaban el fondo de antiguas explotaciones. En definitiva, el diseño reproduce, en formatos CAD, formas del terreno complejas, tales como redes de drenaje, laderas convexo-cóncavas y secciones de cauces irregulares, adaptadas en cada punto al caudal que deben evacuar.

- Las especies fueron seleccionadas en función de su representatividad en el ecosistema de referencia, pero también por su rusticidad y supervivencia en replantaciones como la realizada, y la generación de refugio y recursos tróficos para la fauna colonizadora del pinar mediterráneo. Con esto se consigue promover un aumento del número y la variedad de poblaciones de fauna en los paisajes mineros y sus alrededores.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

El seguimiento del éxito de la restauración se basó en la monitorización de una serie de indicadores, entre los que se encuentran la cuantificación de la erosión del suelo (en t/ha/año) y su evolución temporal; la riqueza de aves y la presencia de reproducción de estas especies, con especial atención a aquellas especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE) y en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, así como las especies incluidas en la Directiva Aves de la Unión Europea, y el porcentaje de éxito de las plantaciones.

Principales resultados de la RE

- La zona de explotación de la cantera fue restaurada de acuerdo con el ecosistema de referencia planteado, estabilizando el terreno, creando una dinámica geomorfológica e hidrológica autosostenible, y consiguiendo una buena representatividad de las comunidades vegetales autóctonas.
- El ecosistema restaurado garantiza la prestación de importantes servicios ecosistémicos, ya que la restauración realizada contribuye a regular el cambio climático (al captarse CO²); se restablecen equilibrios hidrológicos; se atraen insectos polinizadores beneficiosos para la agricultura y la flora silvestre y, en definitiva, se recupera un hábitat natural, con su paisaje, fauna y vegetación, con gran potencial recreativo para los habitantes de la zona.
- El resultado del seguimiento confirmó recientemente la presencia y reproducción de collalba negra (*Oenanthe oenanthe*), especie incluida en el (LESRPE), que además es objeto de recuperación prioritaria para este proyecto. También se avistaron otras especies de aves incluidas en el LESRPE, como el búho real (*Bubo bubo*), el zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*), el avión roquero (*Ptyonoprogne rupestris*), el águila culebrera (*Circus galicus*), el cernícalo común (*Falco tinnunculus*) o la collalba rubia (*Oenanthe hispanica*).
- La restauración de la cantera Aurora ha obtenido el primer premio de Buenas Prácticas Operacionales e Iniciativas—Mejores Técnicas Disponibles, y ha sido seleccionada para los Premios Europeos UEPG 2019, en el marco de los X Premios Nacionales FdA de Desarrollo Sostenible en canteras y graveras. El principal factor para la obtención de ese premio ha sido la implementación de técnicas de restauración geomorfológica.



Problemas encontrados y soluciones adoptadas

El sistema de modelizado del terreno exige una praxis muy concreta para cuya ejecución los operarios de las máquinas no estaban formados. Por este motivo, en un primer momento se dio formación a los operarios de maquinaria que, en todo momento, estuvieron muy motivados y comprometidos con estas operaciones.

Por otra parte, los tiempos de diseño y ejecución del proyecto distan mucho de los tiempos de trámite administrativo, con lo que hubo un trabajo de integración de las diferentes administraciones competentes en el proyecto.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- La inversión de tiempo y el uso de las nuevas tecnologías han sido fundamentales a la hora del establecimiento del diagnóstico y del diseño.
- La introducción de una nueva metodología de restauración geomorfológica ha conseguido promover una mayor especialización y sensibilización entre los técnicos y trabajadores involucrados.
- La colaboración con centros de investigación ha demostrado ser una buena práctica para el diseño del proceso de restauración.



MÁS INFORMACIÓN

-  Proyecto
-  LIFE
-  Restauración Geomorfológica
-  Publicación

CONTACTO

-  **José María Gómez**
-  josemaria.gomez@cemex.com



Restauración de las instalaciones de CLH en el estuario del río Barbadún

 **SECTOR** Energía
(almacenamiento de hidrocarburos)

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**
Compañía Logística de Hidrocarburos CLH, S.A.

 **COLABORADORES**
Asier Saiz Rojo y Jesús Roldán Muñoz (ZENIT INGENIERÍA Y CONSULTORÍA S.L.P.)

 **LOCALIZACIÓN**
Estuario del río Barbadún, Muskiz, Vizcaya, País Vaco, España

 **ESCENARIO TEMPORAL**
de 2007 hasta 2012

Características ambientales del entorno

El Barbadún es un río corto, de aguas continuas, con una cuenca pequeña pero de gran pluviosidad. En su desembocadura, forma un estuario de gran valor natural por su biodiversidad, refugio de gran número de especies vegetales y de fauna de carácter litoral. Destaca la existencia de hábitats de interés comunitario donde podemos encontrar vegetación anual pionera con *Salicornia* y otras especies fangosas y arenosas, pastizales de espartina, pastizales salinos atlánticos, matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos, dunas móviles embrionarias, dunas costeras fijas con *Ammophila arenaria* (dunas blancas), y dunas costeras fijas con vegetación herbácea (dunas grises).

Causas de la degradación

Las instalaciones industriales de la compañía CLH (18 ha.) constaban de depósitos de combustible, las tuberías necesarias para su funcionamiento, los viales de acceso y comunicación, un edificio de oficinas, así como otros equipos auxiliares (tuberías enterradas y aéreas, etc.). La construcción de estas instalaciones se realizó sobre una plataforma de rocas y material granular apoyada en la propia zona de marisma desbrozada, con una altura de entre 2 y 3 m. El material se consiguió con la apertura de un hueco de explotación en roca en una zona colindante y sobre la plataforma se instalaron los depósitos de combustible. La propia gestión del complejo producía pequeños eventos de pérdidas que terminaron por contaminar la plataforma con el paso del tiempo.

Objetivos de la restauración

El objetivo principal del proyecto fue la recuperación ambiental completa de la zona afectada por las instalaciones industriales tras su demolición y retirada.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: mediante la localización de fotografías aéreas antiguas y anteriores a la instalación de los depósitos, se determinó el ecosistema de referencia y se analizó el funcionamiento del mismo (canales de marea). Los procesos ecológicos que se consideraron fundamentales para el proyecto de restauración son: transporte, colonización natural, hidrológicos y geomorfológicos, reciclado de nutrientes y estructurales.

Ejecución: se establecieron dos fases: la descontaminación del suelo y la recuperación geomorfológica y vegetal de la zona. En la restauración geomorfológica y vegetal se determinaron tres tipos de ecosistemas diferenciados, cada uno de ellos con los siguientes objetivos:

- **Sistema dunar:** pretendía aprovechar la arena obtenida de la descontaminación del suelo y servir de transición entre la marisma y la playa de arena existente al norte (playa de La Arena).
- **Terreno alomado:** tenía como objetivo utilizar el excedente de material empleado en la construcción de las instalaciones en la parcela y establecer un efecto barrera entre la marisma y la zona urbanizada de la playa.
- **Marisma:** trataba de recuperar el ecosistema original de la zona, incrementar la superficie de vegetación de marisma en el estuario del río



Barbadún, y aportar un hábitat de gran interés para la fauna del estuario.

Detalles de interés para la RE

- La descontaminación del suelo se realizó mediante la excavación selectiva de la parcela, llegando a gestionar un volumen de 360.000 m³ de material. Los trabajos para el tratamiento del suelo contaminado se realizaron con el empleo del método *soil flushing*, la preparación de acopios, la excavación selectiva, el tratamiento de suelos y el relleno de celdas verificadas con material procedente de la excavación selectiva o tratado en planta.
- La remodelación topográfica del sistema dunar se hizo utilizando la fracción de arena del sustrato descontaminado. El terreno fue alomado en función del material obtenido de la excavación. Para ello, se estableció una banda alargada y con la menor pendiente posible que sirviese de separación entre la marisma y la zona más urbanizada. En la zona de marisma se realizó una estratificación de los materiales en función de su granulometría y a una cota adecuada. Los canales intermareales de la zona de marisma se diseñaron con objeto de conseguir que la marisma tuviese una dinámica hidrogeomorfológica natural, y riberas de cauces fluviales.
- La revegetación de las dunas se realizó con material vegetal del vivero de plantas dunares de Loredó (Cantabria) de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. La revegetación de la zona alomada se llevó a cabo con tres mezclas diferentes de 15 especies, en función de su localiza





ción y orientación. En toda la superficie de terreno alomado, con una extensión de más de 10 ha, se realizó una hidrosiembra para facilitar el establecimiento de la cobertura herbácea. Se utilizó material vegetal de la propia zona, obtenido tanto de la parcela de actuación como de otras masas vegetales del estuario: *Juncus maritimus* (junco), *Sarcocornia fruticosa* (sosa), *Plantago maritima* (llantén), *Limonium vulgare* (limonio) y *Halimione portulacoides* (verdolaga marina). En las zonas de arcilla descontaminadas y acopiadas en obra durante 1-2 años, surgieron masas monoespecíficas de junco, que se emplearon como “viveros provisionales”. Estas plantas se aprovecharon antes de extender la arcilla, trasplantándolas en la zona más alta de la marisma, ya que son plantas que pueden servir de transición entre la marisma y la zona alomada. Por otra parte, se extrajo material vegetal vivo de plantas de *Halimione portulacoides* del margen izquierdo del río Barbadún que se instaló a lo largo de los canales y arroyos que surcan la zona de marisma. Para la revegetación completa de la marisma se realizó una hidrosiembra de forma manual con semilla obtenida en la zona.

- Se diseñaron y colocaron carteles divulgativos relacionados con las características ambientales y ecológicas del estuario del río Barbadún.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Entre los años 2012 y 2013, se realizó un seguimiento de la vegetación, analizando la evolución de las especies y la regeneración en la zona de marisma.

Principales resultados de la RE

Se han recuperado unos 18 ha de terreno, destacando 40.000 m² de marisma en la margen derecha del estuario del río Barbadún. También se

ha logrado ampliar la superficie dunar junto a la playa de La Arena.

La revegetación de la zona de marisma ofreció datos muy positivos y se ha conseguido la integración paisajística en el entorno (altas densidades de vegetación en zona de marisma y una buena respuesta de la vegetación continental). Hasta la fecha, el sistema restaurado está funcionando correctamente y no se han identificado desequilibrios en la zona de marisma y de influencia mareal.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Obtención de un balance de tierras. Durante la fase de proyecto se estableció la necesidad de evitar el traslado de materiales de excavación a vertedero o la posibilidad de incorporar préstamos. Esto suponía que la geomorfología se debía adaptar no solo al volumen de material existente, sino también a sus características. Por un lado, el volumen de material era muy superior al original por el aporte realizado durante la construcción de la plataforma artificial con material de cantera, donde se apoyaban las instalaciones industriales. Por otro lado, resultaba muy complicada la estructuración de materiales tan diversos como los limos y arcillas propios de una zona de marisma, la arena del complejo dunar y todo el material granular y rocas aportados para la construcción de las instalaciones varias décadas antes.

Obtención de materiales para la revegetación de la marisma. Las principales especies empleadas para la revegetación de la marisma no son especies comercializadas normalmente, por lo que se debieron obtener directamente del entorno del río Barbadún mediante su recolección.

Asegurar la estabilidad de los canales intermareales con la influencia mareal. Se colocaron

mantas de coco ancladas al terreno para evitar procesos erosivos derivados de la variación mareal reiterada y continua.

Riesgo de modificación o incluso arrastre de los materiales de la recuperación geomorfológica tras la ejecución de las obras por las mareas. Se conservó un dique perimetral que evitase la entrada masiva de agua durante la ejecución de los trabajos en los primeros meses, con lo que se pudo realizar completamente la recuperación morfológica en el interior de la marisma y las labores de revegetación. Una vez consolidadas las actuaciones de marisma, se procedió a la apertura progresiva del dique, retirando todo el material, y dando salida a los canales y cauces fluviales construidos.

Ausencia de tierra vegetal para la revegetación de la zona alomada. La solución consistió en separar la zona con más cantidad de roca y extenderla en la parte inferior del terraplén, aportando en las capas más superiores y más superficiales el material con una mayor cantidad de matriz de tierra.

Definición de cotas del terreno. Si las cotas finales resultaban muy altas, no habría influencia marina y no se desarrollaría la vegetación de marisma. Si, por el contrario, las cotas eran excesivamente bajas, la influencia marina en la fase de pleamar sería excesiva. Para solucionar este problema, se realizó un estudio topográfico del margen opuesto del río, trasladando las cotas al margen derecho en la zona de actuación, a modo de espejo.

Proceso de construcción para recuperar el terreno de la marisma. Se estableció una capa inferior de arena, por donde podía transitar la maquinaria, y posteriormente, se extendió la capa de arcilla. Esto último se tuvo que planificar correctamente, dado que, una vez extendida, las máquinas no podían transitar.

Ejecución de la hidrosiembra en la zona de marisma. No es habitual realizar una hidrosiembra en este tipo de entorno ya que la maquinaria no puede transitar. Por ello, se estableció un tractor estacionado en el borde de la marisma que bombeaba la mezcla a un depósito intermedio situado en el centro de la misma. Desde aquí, mediante otra bomba, se distribuía la mezcla por medio de tuberías de polietileno que dirigían varios operarios.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- La realización de un diagnóstico completo y la decisión de favorecer los procesos ecológicos que mantienen este tipo de ecosistema ha sido determinante para el éxito de la restauración.
- Se pone de manifiesto la importancia de las labores de seguimiento y control posterior, más allá de los periodos de garantía de las obras.
- Los servicios ecosistémicos de tipo cultural (estéticos, recreativos y educativos) se han visto favorecidos, a través de la colocación de carteles divulgativos y explicativos del proyecto. Esto supone un aspecto muy importante para los ciudadanos y la sociedad en general en la comprensión de este tipo de obras.

MÁS INFORMACIÓN

Medio Ambiente CLH

 info@grupoclh.com

Asier Saiz Rojo

Consultor en ZENIT Ingeniería y Consultoría S.L.P.

 asaiz@zenitingeneria.com



Renaturalización de zonas urbanizadas abandonadas en Menorca

 **SECTOR** Urbanismo y uso público

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**
Consell Insular de Menorca

 **COLABORADORES** esta actuación se enmarca en el proyecto LIFE+ RENEIX, que contó con el asesoramiento y consulta de un comité de expertos (compuesto por nueve personas de nueve entidades científicas con un perfil multidisciplinar) y un comité de seguimiento que reunía a los principales interlocutores de la sociedad (compuesto por 10 personas de siete entidades)

 **LOCALIZACIÓN** Binimel; là-Cala Mica; Es Mercadal; Menorca; Islas Baleares; España

 **ESCENARIO TEMPORAL** Las principales actuaciones de restauración se acometieron durante el periodo 2009-2014, aunque existían estudios previos y se contempla un seguimiento posterior a las actuaciones



Características ambientales del entorno

La isla de Menorca es en todo su territorio reserva de la biosfera, con un patrimonio natural excepcional, gracias a la confluencia de diferentes factores como la insularidad, el clima, la diversidad geológica, el relieve y la interacción de las actividades humanas con el entorno. La zona objeto de restauración, **Binimel.là-Cala Mica**, es una zona costera en el norte de la isla con 15 hábitats de interés comunitario pertenecientes a zonas húmedas litorales, sistemas dunares, litoral rocoso, prados salinos y estanques temporales. Además, destaca la presencia del endemismo *Femeniasia balearica*, arbusto espinoso que crece en zonas litorales con suelos arenosos, y que está catalogada en España en la categoría de “en peligro de extinción”.

Causas de la degradación

La zona estaba degradada debido a la construcción inacabada y abandonada en los años 70 de una urbanización, cuyas obras provocaron la alteración de la red hidrológica, con los consiguientes procesos erosivos y acarcavamientos. Esta situación se vio agravada por el uso público intenso derivado del acceso a las playas (multiplicidad de caminos abiertos) y por el uso de los caminos por vehículos rodados (*quads, motocross, etc.*).

Objetivos de la restauración

Restauración integral para favorecer los hábitats de interés comunitario de la Directiva Hábitats presentes en la zona, así como garantizar la protección de *Femeniasia balearica*.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: aunque existía información previa (cartografía de áreas de concentración de biodiversidad y plan de gestión para *Femeniasia balearica*), se necesitaba una información de detalle para definir las actuaciones de restauración. Se realizaron estudios científico-técnicos (cartografía de especies y hábitats de interés, cartografía de accesos rodados y viales, análisis para la selección de especies acordes con las fases de la sucesión de las comunidades vegetales, estudio hidrogeomorfológico) y un análisis socioeconómico (actores afectados, necesidades de uso público y percepción social).

Ejecución: las medidas previstas contemplaron:

Acciones preparatorias

- **Acciones técnicas:** determinación del método de cultivo para *Femeniasia balearica*, recolección de semillas y preparación de plantas en colaboración con varios viveros locales.
- **Acciones administrativas:** permisos y autorizaciones con las distintas administraciones locales, autonómica y estatal, así como convenios con el Ayuntamiento de Es Mercadal y con los propietarios privados.
- **Acciones de participación y gobernanza:** campañas informativas y de sensibilización y encuestas a los actores sociales y económicos (principalmente establecimientos de turismo activo que operaban en la zona).

Ejecución de las acciones de restauración

- **Regulación del uso público:** eliminación de caminos o viales innecesarios y/o que atravesaban



La zona degradada afectaba a una de las escasas poblaciones del endemismo *Femeniasia balearica*

ban zonas sensibles (usando muros de piedra, vallados blandos temporales, cerramientos y/o descompactación del terreno con maquinaria pesada), adecuación de caminos preexistentes o nuevos para garantizar el acceso a las playas y el tránsito por el Cami de Cavalls (incluyó construcción de dos puentes, el desvío de un tramo del Cami de Cavalls, la delimitación de caminos con muros de piedra seca y una adecuada señalización).

- **Restauración hidrogeomorfológica:** eliminación de caminos, reconstrucción de acequias tradicionales, eliminación de materiales (restos de obra) que bloqueaban el flujo del agua, construcción de un puente (para garantizar el acceso de vehículos sin interrumpir las zonas de torrente).
- **Control de la erosión:** cierre de viales, construcción de muros de piedra seca y cerramientos y/o revegetaciones con planta autóctona.
- **Fomento de la revegetación natural:** descompactación del suelo para permitir el inicio de los procesos de sucesión de las comunidades vegetales y revegetación para favorecer el proceso de sucesión vegetal. En cada lugar, se determinó si el banco de semillas y vegetación

circundante sería suficiente para iniciar el proceso de sucesión. Se decidió, bien la dispersión de semillas y/o la introducción de planta joven (fomentando en primer lugar la vegetación pionera).

- **Sensibilización:** campañas de información y sensibilización. Además de los canales tradicionales de comunicación, se diseñaron actividades específicas (jornadas de voluntariado, rutas botánicas, comunicación continua con asociaciones naturalistas, etc.), y se hizo un gran esfuerzo por tener presencia regular en medios de comunicación (prensa y televisión local). También se editaron materiales específicos para sectores concretos (p. ej. motocross).
- **Gobernanza:** la existencia de un comité de seguimiento, integrado por una representación social y administrativa amplia, aseguró en todo momento el conocimiento de las actuaciones previstas por estos actores y la incorporación e integración de sus principales preocupaciones como usuarios o gestores del territorio.

Todas estas acciones se realizaron de una forma secuencial o simultánea, buscando además garantizar una adecuada integración paisajística de las actuaciones y un uso público del territorio sostenible.

i Detalles de interés para la RE

- Para evitar perjudicar a la especie amenazada *Femeniasia balearica*, las plantas se marcaron con estacas de madera y *spray* de obra, y los trabajos se realizaron en sus zonas de distribución por medio de una miniretroexcavadora.
- Los muros de piedra seca y otras construcciones tradicionales son un elemento patrimonial de la isla de Menorca que además tiene una importante función ecológica demostrada, fa-

voreciendo la biodiversidad. Se contrató a personal especializado en técnicas tradicionales y en el uso de materiales autóctonos.

- Para la estabilización y la protección de los taludes exteriores en zonas de torrente se instaló una manta orgánica de red de coco y arpilleras de yute, y se esparcieron sobre ella unos 5 kg de semillas de *Hedysarum coronarium*.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

- monitoreo específico de las especies y hábitat objetivo (superficie y número de ejemplares para especies, superficie de áreas recuperadas para hábitats + estado de conservación a los cinco años de la restauración).
- evaluación de los procesos hídricos y erosivos.
- evaluación del uso público y de la percepción social.

Principales resultados de la RE

- Recuperación de la red de drenaje original, recuperación de morfologías y restauración de zonas de desmonte y taludes, asegurando el control de los procesos erosivos.
- Recuperación de los hábitats de interés comunitario y de las especies endémicas y singulares de la zona, en especial de las comunidades de arbustos espinosos y de *Femeniasia balearica* (incluyendo la adquisición de su método de cultivo).
- Uso público del territorio compatible con sus valores naturales. El usuario de las playas acepta las medidas adoptadas y la oferta turística se ha modificado (se han creado nuevas rutas que ponen en valor el patrimonio natural y el paisaje).

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Las gestiones administrativas fueron más complicadas de lo previsto. Conllevaron un esfuerzo en tiempo y recursos humanos muy superior al previsto, que asumió el equipo del proyecto.

El estudio hidrogeomorfológico realizado fue más complejo de lo esperado, suponiendo mayor costes y retrasos en la ejecución. No obstante, este estudio fue fundamental para el éxito de la restauración.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Las acciones preparatorias necesitaron tres años de ejecución para garantizar la correcta ejecución de las acciones propiamente de la restauración, que se llevaron a cabo en el último año.
- La eliminación de las causas de degradación ha sido la principal acción para la reactivación de los procesos naturales.
- La participación social en todas las fases de la restauración, el planteamiento de alternativas para un uso público compatible con la conservación del entorno y la consideración de elementos patrimoniales típicos ha favorecido la aceptación de una restauración polémica por conllevar una restricción de usos.
- Una clave de éxito de la restauración ha sido abordar distintos aspectos de forma integral en el mismo proyecto: ordenación del uso público, creación de nuevas infraestructuras, conocimiento de aspectos hidrogeológicos e integración de aspectos botánicos y faunísticos.



Construcción de un puente que permite mantener el camino existente sin interrumpir el curso natural de un torrente



Se ha regulado un uso público compatible con la conservación del territorio

MÁS INFORMACIÓN

 www.lifereneix.cime.es

 www.lifereneix.cime.es/Layman_CASTE.pdf

CONTACTO

 **Irene Estaún Clarisó**

 Irene.estaun@cime.es



Restauración de la marisma de Rubín

 **SECTOR** Forestal

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**

ENCE-FAPAS-Fundación Banco Santander. Actuación enmarcada en el convenio de colaboración para la mejora de la biodiversidad en montes gestionados por ENCE, firmado entre ENCE y FAPAS

 **COLABORADORES**

Jefatura de la Demarcación de Costas de Cantabria y Dirección General del Parque Natural de Oyambre

 **LOCALIZACIÓN**

San Vicente de la Barquera, Cantabria, España

 **ESCENARIO TEMPORAL**

los trabajos de restauración transcurrieron entre 2016 y 2017, que se prolongan por un periodo de cinco años para el mantenimiento de las actuaciones de conservación y el seguimiento de las actuaciones

Características ambientales del entorno

El área de actuación pertenece tanto al Parque Natural de Oyambre como al Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Rías Occidentales y Duna de Oyambre (ES1300003). El entorno se caracteriza por la presencia de sistemas litorales compuestos por estuarios y marismas, dunas y playas, acantilados verticales y matorrales de carácter mediterráneo y atlántico en ambiente eurosiberiano situados sobre diferentes niveles de rasas marinas.

Causas de la degradación

La Finca de Rubín es una extensión de algo más de 100 ha (80 de ellas dentro del Dominio Hidráulico Marítimo Terrestre) cuyos terrenos se han dedicado desde 1974 al aprovechamiento forestal, principalmente con eucalipto. La finca estaba delimitada por un muro de 2.150 m de longitud y 2 m de alto, construido por simple acopio con limos y arenas de la base de la marisma, que impedía la penetración del agua marina

y, por tanto, el flujo mareal. Gran parte de la parcela estaba ocupada por la especie invasora de origen americano denominada chilca (*Baccharis halimifolia*), considerada como una de las 20 especies exóticas más dañinas presentes en España, y perjudicial para otras especies autóctonas de ecosistemas de ribera intermareal.

Objetivos de la restauración

Restaurar un medio marino intermareal, incrementando la superficie y valor ecológico de las marismas de San Vicente de la Barquera. Adicionalmente, se pretendía el ensayo de técnicas de recuperación del águila pescadora (*Pandion haliaetus*), una especie extinguida como reproductora en la costa cantábrica, y conseguir de nuevo su reproducción en este entorno.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: se determinó la posibilidad de recuperar el ecosistema de referencia (marisma con influencia mareal) existente antes de la creación del dique y la plantación. Los procesos ecológi-

cos identificados como más relevantes fueron los ligados al transporte de materiales y los de colonización o sucesión natural.

Por este motivo, el diseño inicial estableció como clave la eliminación de entre 8.000 y 10.000 pies de eucalipto, extrayendo la madera fuera del contexto del terreno. Paralelamente, se planificó la erradicación de una importante población de flora alóctona, principalmente chilca. Finalmente, se proyectó la apertura del viejo muro de contención construido para favorecer la desecación del terreno. Con esta actuación se buscó recuperar el proceso ecológico de transporte de materiales mediante la inundación del terreno. A su vez, esto fue identificado como la base para favorecer el proceso de colonización y aparición del ecosistema de referencia. Se pretendió así realizar una actuación sencilla e intervenir con maquinaria pesada en el terreno lo mínimo posible, aprovechando la propia energía del sistema mareal.

Ejecución: la restauración se realizó en tres fases. La primera fase consistió en eliminar la vegetación de interior alóctona. La masa de eucaliptos se extrajo mediante corte manual a pie y motosierra. Para ello, se desbrozó mediante bulldozer por tractor con desbrozadora el entorno de matorral para poder acceder a pie de árbol.

El terreno presentaba una importante presencia de matorrales, que dificultaba el tránsito por su superficie, a su vez compuesta por suelos arenosos y húmedos, que también hacían difícil el acceso con maquinaria pesada. Sin embargo, una circunstancia excepcional, la importante sequía del verano de 2016, permitió la utilización de





maquinaria pesada, no solamente de desbroce, sino también para la saca de la madera.

La erradicación de la vegetación de chilca se hizo de forma manual. Se realizó una corta de superficie para eliminar la parte arbórea, sometiendo la parte radicular a la acción del agua salada, una vez inundado el terreno. El resultado final fue la total eliminación de las plantas a erradicar, con nulo rebrote. Únicamente, la vegetación de chilca vuelve a aparecer en las partes del dique no eliminado, a partir de la germinación de semilla que, por vía aérea, llega de nuevo para colonizar el terreno. Esta parte de vegetación es a su vez eliminada periódicamente de forma manual.

La segunda fase fue la inundación del terreno. Los diques de contención con una superficie de más de 2,5 km de longitud no pudieron ser eliminados, dado el alto coste que esto suponía

Por ello, se decidió realizar una ruptura controlada de los diques. En principio, esta ruptura se produjo de manera natural, al ceder uno de los diques laterales al río y generarse un proceso de erosión que permitió una apertura lo suficientemente grande como para que se iniciase el proceso de inundación con un ciclo intermareal equivalente al resto de la marisma. Aun así, la inundación se ve favorecida por la rotura de varios tramos del dique frontal, a fin de que con el tiempo sea el propio proceso de erosión natural por efecto de las mareas el que termine por facilitar la desaparición del muro de contención.

El proceso de restauración de la marisma termina con la tercera fase, consistente en la intervención técnica de manejo del águila pescadora. Se trata de un proceso de interacción sobre ejemplares de esta especie que utilizan el espacio en sus flujos migratorios.

La colocación de nidos artificiales con siluetas de reclamo (señuelos), así como posaderos estratégicos para pesca y alimentación, fuerzan a la querencia de ejemplares jóvenes no reproductores, aún en sus cuarteles de reproducción en el norte de Europa.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Una vez finalizadas las obras, se mantiene un periodo de monitorización de cinco años, para seguir y evaluar el impacto positivo de la obra, así como evitar la posible recolonización de algunos de los espacios, principalmente los diques, por la planta invasora chilca.

También se llevará a cabo un monitoreo permanente sobre la presencia de águila pescadora en el ecosistema.



Principales resultados de la RE

- Se devuelven al ámbito de la acción intermareal 80 ha de terreno que habían sido desecadas a finales del siglo XIX, y que en el momento de la restauración se encontraban ocupadas por una plantación de eucaliptos.
- Se incrementa de esta manera el valor biológico y ecológico del conjunto de marismas intermareales que forman la bahía de San Vicente de la Barquera.
- Teniendo en cuenta que el conjunto total de marisma es de unas 340 ha, incluidas las restauradas, se valora como muy importante este incremento de terrenos a la afección intermareal, recuperando no solo los ciclos biológicos, sino incrementando también la superficie de los hábitats prioritarios que en él se encuentran, así como sus comunidades faunísticas.

Problemas encontrados y soluciones adoptada

Los problemas encontrados fueron escasos. La obra, por sus características técnicas, puede ser considerada como no compleja.

Muy posiblemente, el mayor problema fuese el derivado de la eliminación de la chilca, cuyos protocolos de eliminación habituales eran imposibles de aplicar sobre la enorme superficie y cantidad de planta existente, ya que se trataba de decenas de miles de plantas. Por tanto, evaluar que la salinidad sería, como así fue, un elemento de muerte final de la planta, evitó que, en origen, la eliminación tuviera unos costes imposibles de afrontar por no estar previsto un desembolso económico tan elevado.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Se ha puesto en valor el hecho de que las soluciones sencillas y de bajo coste permiten igualmente alcanzar objetivos de éxito satisfactorios.
- La recuperación de los procesos ecológicos de transporte y colonización son clave en las restauraciones ecológicas basadas en la no intervención.

MÁS INFORMACIÓN

 **Luis Javier Sánchez Hernando**

 jsanchez@ence.es



Restauración de espacios afectados por actividades extractivas - ENDESA

 **SECTOR** Extractivo y energético

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**
ENDESA

 **LOCALIZACIÓN** As Pontes de García Rodríguez, A Coruña, Galicia, España

 **ESCENARIO TEMPORAL** de 1984 a 2012

Características ambientales del entorno

La composición geológica de la zona está caracterizada fundamentalmente por cuarcitas, pizarras y areniscas, además del depósito sedimentario terciario explotado, compuesto de lutitas y lignito. El paisaje ha sufrido una fuerte transformación debido a la actividad humana y está compuesto, en su mayoría, por pequeñas fincas agrícolas. También se observa un parque de generación de energía eólica, un pequeño municipio y una explotación de áridos a cielo abierto. Cabe destacar la presencia de un pequeño embalse, A Ribeira, que añade un factor de transformación más al paisaje. Por último, es importante señalar que la zona municipal se encuentra muy próxima a espacios que pertenecen a la Red Natura 2000.

Causas de la degradación

La mina As Pontes fue el mayor yacimiento de carbón a cielo abierto de España, del que se extrajeron 261 millones de toneladas de lignito durante 31 años de actividad extractiva. El 26 de diciembre de 2007, después del último día de trabajo en la mina de As Pontes, la actividad dejó un hueco de 18 km de perímetro, 288 m de profundidad y una escombrera exterior con 720 millones de m³ de material estéril.

Objetivos de la restauración

Debido al alto grado de transformación sufrido en el territorio, no existe la posibilidad de devolver los ecosistemas y unidades del paisaje afectadas a su estado anterior, por lo que la solución se acometió desde el punto de vista de la

creación y gestión de un ecosistema nuevo capaz de suministrar los procesos ecológicos clave. Se trata, por tanto, de un proyecto de reemplazo (*reclamation*), al haber sido modificada la funcionalidad del ecosistema, ya que se eliminaron prados, setos, ríos y cultivos, que han sido sustituidos por un humedal.

El proyecto de restauración ha tenido como objetivos:

- la creación de una cubierta vegetal estable que controle la erosión y la calidad del agua de escorrentía, y propicie la formación de un suelo productivo,
- la recuperación del paisaje alterado por las labores mineras,
- la recuperación parcial de los usos anteriores a la explotación o incluso su mejora, y
- posibilitar la reintroducción de la fauna.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: al tratarse de un proyecto de reemplazo, en su mayor parte el diagnóstico se centró en la recuperación de procesos ecológicos, que son los que mantendrán de forma natural el nuevo ecosistema generado.

Ejecución: para la recuperación de la escombrera, la metodología de trabajo se desarrolló en las siguientes fases: selección de estériles y extendido de los mismos en las superficies finales; modelado de la morfología; ejecución de infraestructuras; modificación de las características fisicoquímicas de los sustratos; recuperación y

tratamiento de la tierra vegetal; implantación de la cubierta vegetal, y labores de mantenimiento.

Concretamente, la implantación de la cubierta vegetal se iniciaba con el sembrado de herbáceas. Posteriormente, se introducía una segunda cubierta de matorral y, finalmente, se realizaba la plantación de arbolado. Con el fin de potenciar la biodiversidad del espacio restaurado, además de las praderas, zonas de matorral y bosques generados durante el proceso de recuperación, se construyeron varias charcas que han facilitado la implantación de especies lacustres.

La inundación del hueco minero, y la consiguiente creación del lago, era la única solución posible para rehabilitar la zona afectada por la explotación debido a sus enormes dimensiones y al régimen pluviométrico de la zona. Con el fin de alcanzar los objetivos de calidad química previstos, se adoptaron todas las medidas disponibles: sellado con arcillas de los materiales aflorantes susceptibles de generar acidez; llenado rápido del lago con alta proporción de aguas naturales; construcción de filtros biológicos para la neutralización de las surgencias ácidas que drenaban hacia el lago; adición de cal a las aguas de llenado, e incorporación al llenado del efluente de la planta de tratamiento de efluentes líquidos.

Por encima de la lámina de agua del lago, quedaron expuestos los taludes superiores de excavación y el área emergida de la escombrera interior. En estas zonas se llevaron a cabo dos actuaciones para asegurar el éxito del proceso de rehabilitación: la construcción de las protecciones perimetrales del lago y la revegetación de los taludes.



Desde el inicio de la restauración, iniciada en 1984, se han realizado más de 6.000 análisis fisicoquímicos de muestras de tierras y de aguas; se han utilizado más de 3.000.000 m³ de tierra vegetal o estériles seleccionados; se han construido 100 km de pistas y cunetas; se han sembrado 130.000 kilos de semillas, y se han plantado 600.000 árboles.

Paralelamente, y con el fin de minimizar los efectos de la finalización de la actividad minera, se impulsó un plan de desarrollo económico industrial. Se crearon dos polígonos industriales (Os Airíos y Penapurreira), 50 nuevas empresas y más de 1.200 puestos de trabajo.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Durante la restauración, y posteriormente a ella, se realizaron tareas de monitorización y seguimiento tanto de la calidad de las aguas y del suelo como de la estabilidad de la geomorfología y de los niveles de biodiversidad. Estas tareas se apoyaron en estudios y ensayos de campo permanentes: caracterización fisicoquímica y composición mineralógica de los estériles en los frentes de excavación, ensayos de campo con diferentes tipos y mezclas de estériles para predecir su comportamiento como sustratos, etc.

Por otra parte, entre 2007 y 2016, se desarrollaron dos planes de seguimiento: uno impuesto por Aguas de Galicia y otro por la Consellería de Industria.

Estos planes consistían en:

- **Control químico de las aguas superficiales** y subterráneas de la zona
- **Control químico y biológico de las aguas** del lago, en superficie y en profundidad.
- **Evolución del estado trófico** del lago.

- **Seguimiento de las obras** realizadas.
- **Seguimiento del progreso de la colonización** de la flora y la fauna de las áreas rehabilitadas.
- **Seguimiento de la estabilidad** de los taludes.

Principales resultados de la RE

- En total, se han restaurado 2.400 ha, de las cuales 1.150 ha corresponden a la escombrera exterior donde se han plantado 600.000 árboles. La riqueza vegetal y faunística de los terrenos restaurados se aprecia en el número de especies diferentes que habitan en el lago, en sus riberas y en las zonas revegetadas, principalmente en la escombrera exterior. Se han identificado hasta siete hábitats naturales de interés comunitario, de los que tres son prioritarios, generalmente asociados a medios lacustres y riparios.
- Respecto a la restauración del hueco minero, el resultado final del proceso de inundación fue la creación del mayor lago de España, con 865 ha de lámina de agua y 547 hm³. Se alcanzaron grandes resultados tanto en calidad química (respecto a los valores límite impuestos por Aguas de Galicia) como en capacidad de integración en el entorno natural existente, habiéndose implantado ya un ecosistema autosostenible y de gran riqueza. En los últimos estudios realizados se han identificado 300 especies vegetales y 175 especies de animales vertebrados (un 63 % son especies con algún grado de protección) y las aguas mantienen los parámetros de calidad superiores a los mínimos exigidos por la normativa.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Durante la ejecución de las labores de restauración surgieron numerosos problemas y dificultades,

relacionados con las grandes magnitudes de la explotación, con las características de los materiales y debidos a los condicionantes climatológicos.

En cualquier caso, la mayor dificultad derivó de la necesaria gestión de las aguas ácidas producidas por la oxidación de las piritas que acompañaban a los materiales terciarios y paleozoicos presentes en el área.

En la zona de escombrera, el problema de las aguas ácidas se resolvió mediante la aplicación de diferentes técnicas:

- **Selección de estériles** sin piritas para su disposición en las superficies finales.
- **Revegetación inmediata** de las superficies finales.
- **Construcción de las bermas** con pendientes mínimas del 2 %, con el fin de evitar el estancamiento de las aguas.
- **Facilitar la evacuación de las aguas** en aquellas zonas en las que apareciesen surgencias.

En el caso del lago, la acidificación de sus aguas se evitó mediante las siguientes acciones:

- **Sellado de las superficies** carbonosas aflorantes.
- **Adición de cal** a las aguas de llenado.
- **Llenado rápido**, incorporando el máximo volumen posible de aguas naturales.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- La restauración debe integrarse en el proceso productivo. Con ello se logran los mejores resultados posibles y se minimiza su coste.

- Es imprescindible mantener una relación de confianza con la Administración, pero sin olvidar que la responsabilidad del resultado final corresponde al explotador.



MÁS INFORMACIÓN

- www.endesa.com/es
- [Informe](#)
- [Historia de la mina de As Pontes](#)
- [Video](#)
- [Nota de prensa](#)

CONTACTO

- antonio.casasola@enel.com
- alejandrojose.rodriguez@endesa.es



Restauración de Humedales de La Mancha ubicados en la Red Natura 2000

 **SECTOR** conservación del medio natural

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN** Fundación Global Nature

 **COLABORADORES** esta actuación se enmarca en el proyecto LIFE+ Humedales de la Mancha, desarrollado con la Junta de Comunidades de Castilla - La Mancha (JCCM)

 **LOCALIZACIÓN** 27 lagunas de Ciudad Real, Cuenca y Toledo, Castilla - La Mancha, España

 **ESCENARIO TEMPORAL** ejecución entre 2010 y 2016

Características ambientales del entorno

Las estepas salinas mediterráneas (hábitat *1510) que rodean las lagunas manchegas son ecosistemas únicos en Europa, que albergan una flora característica como el albardín (*Lygeum spartum*) o el limonio (*Limonium* sp.) y son únicamente comparables a algunos complejos lacustres ubicados en Mongolia y el norte de África. Los humedales manchegos son enclave de relevancia internacional para la conservación de la avifauna acuática. Se han detectado hasta un total de 34 especies de aves acuáticas reproductoras, destacando la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), el ave-toro (*Botaurus stellaris*) y el fumarel cariblanco (*Chlidonias hybridus*). Su importancia está directamente ligada a los niveles hídricos que presentan las lagunas y a las grandes variaciones estacionales e interanuales.

Causas de la degradación

La mayor parte de los humedales se encontraban en situación de deterioro manifiesto debido a la ocupación de zonas lagunares por cultivos agrícolas, la existencia de diques que dividían las zonas inundables y el uso de los humedales como zonas de escombrera o balsas de secado de salmuera, entre otras razones.

Objetivos de la restauración

La restauración y conservación del hábitat prioritario *1510 Estepa salina mediterránea en 27 lagunas de Castilla-La Mancha ubicadas en la Red Natura 2000.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: se actualizó la información técnica (cartografía, planes de gestión, ofertas de compra-venta de propietarios) y administrativa (contacto con todas las administraciones implicadas – ej. la Confederación Hidrográfica realizó una EIA del proyecto LIFE, con los diferentes niveles técnicos y de campo de la JCCM - agentes medioambientales, técnicos provinciales, servicios centrales) para asegurar una correcta identificación de aspectos socioeconómicos críticos.

Ejecución:

Acciones preparatorias

Elaboración de un protocolo de compra de tierras, preparación de indicadores y de un Sistema de Información Geográfica.

Ejecución de las acciones de restauración:

- **Compra de las parcelas** ubicadas en orillas donde de forma natural existirían estas formaciones vegetales prioritarias y que, hasta ahora, estaban ocupadas por actividades agrarias. Se adquirieron 274 ha.
- **Restauración morfológica:** se mejoraron los entornos lacustres de 4 municipios mediante limpiezas y retirada de escombros, sellado de pozos, eliminación de motas y drenajes de antiguas extracciones de sal, llegando a 10 humedales beneficiados y a más de 18 ha restauradas.
- **Restauración de la vegetación natural:** se produjo vegetación autóctona en un vivero propiedad de la JCCM para realizar posteriormente reforestaciones y plantaciones en campo, en más de 400 ha.



- **Uso público:** en colaboración con el Programa de Caminos Naturales se realizaron mejoras en vías y caminos, articulando una ruta por los Humedales de La Mancha. Se diseñaron e instalaron paneles en las 27 lagunas, así como señales de acceso en carreteras o flechas con direcciones en los caminos principales.
- **Comunicación y participación:** la comunicación y sensibilización se consideró una herramienta de conservación a largo plazo. Se desarrolló una estrategia de comunicación en medios a través de diversos canales (la colaboración con RTVE resultó en la emisión de 20 reportajes que han abordado la importancia de conservar los humedales desde distintas perspectivas). Se aseguró la participación de los actores relevantes en las distintas fases del proyecto (ver detalles más adelante).
- **Apoyo al desarrollo rural sostenible:** se llevaron a cabo una serie de actuaciones para el desarrollo socio-económico sostenible en la zona. Mediante estrategias de custodia agraria, se ha apoyado la producción de legumbres en cultivo ecológico, se han organizado cursos sobre cultivo ecológico y conservación de la biodiversidad (prácticas sostenibles en relación a las poblaciones de aves esteparias), se ha promocionado la marca creada en ferias internacionales y se ha apoyado la comercialización de los productos. De esta forma, se ha contribuido a la creación de una cooperativa de producción ecológica y sostenible con la biodiversidad.



- **Colaboración con la gestión pública:** durante la vida del proyecto se ha elaborado el **Plan de Gestión de los Humedales de La Mancha** y su declaración como Zona de Especial Conservación (ZEC) dentro de la Red Natura 2000.

i Detalles de interés para la RE

- **La planta a utilizar en las restauraciones era específica de los hábitats halófilos y de la vegetación perilagunar,** por lo que se ha producido en un vivero de la JCCM y en viveros *ad hoc* creados en la zona. Se inició con la germinación de las semillas recolectadas (2 años antes de la plantación en campo) en los propios hábitats donde se realizaría posteriormente la plantación. Se utilizaron alveolos con un sustrato similar a los suelos salinos y colocando las semillas a poca profundidad.
- **La participación de las administraciones competentes** (técnicos y alcaldes de los 9 gobiernos locales, Confederación y JCCM) y la comunidad científica en las fases de planificación y diseño ha sido fundamental para garantizar la facilitación de las actuaciones previstas. La participación de estos actores y de la población local se puede resumir en:

- El Comité de Expertos, formado por botánicos, geólogos, biólogos, profesores universitarios y personas relacionadas con la gestión ambiental de diferentes instituciones, asesoró sobre las acciones de conservación, metodología, gestión y ejecución de la restauración de albardinales y estepas salinas. Por ejemplo, el seguimiento de cicindelas (bioindicadores del hábitat), acción no prevista inicialmente, se llevó a cabo por sugerencia de dicho comité.

- El Comité de Seguimiento, formado por representantes de los organismos con competencias en el proyecto y los técnicos de los nueve ayuntamientos con lagunas, ha sido informado y con-

sultado anualmente con el fin de que aportaran su conocimiento local sobre la idoneidad de las actuaciones y su punto de vista operativo. A propuesta de este Comité han surgido colaboraciones como la establecida con el Programa de Caminos Naturales o el Proyecto de Restauración de la Junta de los Ríos en Alcázar de San Juan.

- La implicación de la población local también ha sido crítica y se ha basado en actividades de educación ambiental, voluntariados, concursos y días conmemorativos relacionados con temáticas afines al proyecto.

- La implicación de agricultores mediante el apoyo a la comercialización de productos de la Red Natura 2000, vinculando sus prácticas agrarias con objetivos de conservación del espacio natural, colaboración con cooperativas, agricultores y centros de investigación o medios de comunicación, asociaciones, mancomunidades, etc.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Al inicio del proyecto se desarrolló un Sistema de Información geográfica (SIG) con información de los 27 humedales (ambiental, de uso público, de propiedad del terreno, etc.). El SIG ha facilitado la toma de decisiones en campo y el análisis de información, siendo fundamental para el seguimiento de las acciones y para una gestión adaptativa.

El seguimiento se fundamentó en la presencia y estado de conservación de cicindelas, insectos vinculados al hábitat *1510. Se han seleccionado 9 especies, cada una con su propia ecología, que han demostrado ser excelentes bioindicadores del estado de salud de estos hábitat.

Principales resultados de la RE

- **Se han restaurado más de 400 hectáreas,** por medio de las acciones de compra, restauración geomorfológica de humedales y restauración vegetal.
- **El proyecto ha garantizado la conservación a largo plazo del espacio** a través de las acciones de gestión, pero también planteando un intenso proceso participativo y de apoyo a la economía rural.
- **Se han diseñado instalaciones y señalización** para el disfrute y uso público de las 27 lagunas.
- **Se ha sensibilizado a la población local** en el valor y la importancia de los humedales, asegurando de este modo la conservación a largo plazo de estos enclaves.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

La compra de una gran superficie de tierra es un proceso complejo. Para minimizar problemas derivados de la especulación, o de la propia tramitación (tiempos y gestiones administrativas) se elaboró un protocolo que establecía un precio cerrado (por categoría de tierras compradas) y responsabilidades de cada departamento implicado.

La producción de planta (limonio y albardín) se realizó mediante siembras en alveolo con tierra empobrecida y siembra muy superficial, siendo éstos factores críticos para el éxito aprendidos a través de la experimentación.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- La participación mediante actividades con todos los grupos de interés y con altos niveles de implicación de población local, expertos, administracio-

nes competentes, empresas y sector primario ha sido fundamental para crear un sentimiento de pertenencia, protección y de responsabilidad con el entorno y su patrimonio.

- La comercialización diferenciada de legumbres ecológicas ha resultado ser una excelente fórmula para que el proyecto resultase atractivo para el sector primario, que ha encontrado un beneficio económico derivado de las buenas prácticas agrarias. Las parcelas beneficiadas por la labor de comercialización se ubican en zonas perilagunares, por lo que su gestión sostenible beneficia al hábitat, la rotación con leguminosas mejora la calidad del suelo, contribuye a la mitigación del cambio climático y se reduce la presión de fitosanitarios que llega a los humedales.



MÁS INFORMACIÓN

LIFE Humedales de La Mancha

 www.fundacionglobalnature.org

CONTACTO

 **Amanda del Río**

 adelrio@fundacionglobalnature.org



Restauración de vertederos de obra mediante el uso de tecnosoles

 **SECTOR** Infraestructuras

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**

obra promovida por ADIF y ejecutada por FERROVIAL AGROMAN

 **COLABORADORES**

Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela (LTA-USC)
Centro de Valorización Ambiental del Norte (CVAN)

 **LOCALIZACIÓN**

A Gudiña y Vilariño de Conso, Orense, Galicia, España

 **ESCENARIO TEMPORAL**

Las obras de construcción del túnel se planificaron de 2012 a 2015. La restauración de los vertederos mediante la aplicación de tecnosoles terminó en 2017

Características ambientales del entorno

La actuación se localiza en un ámbito eurosiberiano, con una vegetación caracterizada por la presencia dominante de brezales oromediterráneos y tojales, con presencia de pequeños rodales de carballo (*Quercus robur*) y prados de diente. Se alternan zonas de alta parcelación con áreas homogéneas cubiertas por matorrales, presentando una gran afección por incendios recurrentes que homogenizan el paisaje. No existen espacios naturales protegidos afectados por las obras.

Causas de la degradación

Construcción de la plataforma de un tramo de 8,10 km de la nueva línea ferroviaria de alta velocidad Madrid-Galicia, dentro del tramo del túnel del Espiño, de 7,90 km de longitud. La excavación del túnel genera la producción de unos 640.000 m³ de material por tubo, que se dispone en vertederos de obra en las inmediaciones de la misma.

Objetivos de la restauración

Integración ambiental y paisajística de los materiales de obra depositados en los vertederos, minimizando y restaurando el impacto producido tanto por el depósito de los materiales como por las necesidades de tratamiento debido a su composición química.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: los procesos hidrológicos y geomorfológicos y los de colonización o sucesión natural se consideraron prioritarios, debido a que la

restauración se iba a realizar sobre un terreno de nueva creación. A continuación, se pasó a revisar la metodología de restauración inicialmente propuesta para solucionar las siguientes dificultades.

El análisis en laboratorio del material procedente de la excavación del túnel del Espiño, vía derecha, detectó la presencia de materiales piríticos (FeS₂) y metales pesados. Este tipo de materiales tienen un problema muy específico derivado de los procesos oxidativos, y que básicamente consiste en una hiperacidificación de las aguas (pH de oxidación en torno a 3 para el caso del túnel del Espiño) y la liberación en el medio de metaloides y metales pesados (cadmio, manganeso, cobre, níquel, vanadio, zinc, selenio, arsénico, etc.)

Los materiales piríticos a excavar en el túnel requirieron un tratamiento previo para evitar la acidificación de las aguas y la liberación de metales pesados, así como para facilitar la posterior integración paisajística. La solución original para el tratamiento de los materiales procedentes de la excavación del túnel consistía en el intercalado de material calizo (CaCO₃) entre el material excavado para tamponar la previsible acidificación del medio y permitir la restauración de la vegetación mediante hidrosiembra y plantación. La ausencia de canteras de caliza en el entorno de las obras, así como el empleo de métodos más sostenibles en la restauración de los vertederos, implicaron el empleo de tecnosoles, en vez de caliza, para el tratamiento del material de excavación como solución alternativa al tratamiento tradicional.

Ejecución: la primera fase de la ejecución consistió en la adecuación de los materiales de excavación



Planta de fabricación de Tecnosoles en Touro (Santiago de Compostela)

mediante la adición de tecnosoles y su adecuada ubicación, adaptando la geomorfología del vertedero a las formas dominantes del paisaje. Teniendo en cuenta los últimos avances, estudios y tecnologías aplicadas a nivel mundial en la gestión de zonas afectadas por la presencia de compuestos de sulfuros y metales pesados (piritas principalmente), Ferrovial Agroman propuso, en colaboración con el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela (LTA-USC) y la participación de la empresa Centro de Valorización del Norte (CVAN), la utilización de tecnosoles específicos con funciones concretas para el tratamiento del material pirítico.

Los tecnosoles son suelos artificiales, creados a partir de diferentes materiales, tierras y residuos, que convergen con los suelos naturales a los que imitan, y que se fabrican con el objeto de conferirles propiedades muy específicas, pudiendo actuar como protectores de la biosfera, como control de contaminantes, filtros y depuradores de agua, sumideros de carbono y reservas genéticas.



Para el caso del material de excavación del túnel del Espiño, se requirió, por tanto, el diseño de un tecnosol complejo, que actuara como:

- **Reductor**, para evitar la oxidación del material pirítico.
- **Neutralizante de la acidez**, con alta capacidad como tampón.
- **Adsorbente de aniones de adsorción específica** (arseniatos, fosfatos, sulfatos, fluoruros, etc.) y metales pesados.
- **Con capacidad eutrofizante** en las capas superiores, para favorecer el crecimiento de vegetación y reducir el poder oxidante de las aguas de filtración.

El tecnosol diseñado fue fabricado en Galicia, empleando un 70 % de residuos no peligrosos. Presenta muy baja solubilidad en agua, disminuyendo enormemente su lixiviación con las lluvias, y no se “pasiva” en presencia de hierro (Fe) perdiendo su eficacia, como sí ocurre con enmiendas tipo caliza. Actúa sobre el origen del problema, evitando la oxidación de los sulfuros, y disminuyendo hasta cuatro veces los requerimientos de capacidad neutralizadora de la enmienda a utilizar.

Tras la aplicación del tecnosol, y como acción preliminar a la implantación de cobertura vegetal, se distribuyó una capa de tierra vegetal procedente de las tareas iniciales de desbroce de las obras. Los análisis de esta tierra vegetal mostraban valores ácidos, bajos contenidos en carbono, nitrógeno y fósforo, y altos valores de arsénico y níquel. Esto motivó que se realizaran dos tipos de tratamiento: uno, el convencional, con aporte de tierra vegetal sobre el material de excavación tratado, y otro, alternativo, con aporte de una capa adicio-

nal de tecnosol eutrófico por encima de la tierra vegetal, en contra de lo realizado habitualmente.

La segunda fase consistió en la generación de una cobertura de vegetación adaptada a las condiciones edafológicas creadas por la aplicación de los tecnosoles, las características de la tierra vegetal y las climáticas existentes, que permitió eliminar la erosión y establecer las condiciones adecuadas para la integración paisajística y ecológica de los vertederos. Sobre ambos tipos de suelo (tierra vegetal y tecnosol) se empleó una hidrosiembra con una mezcla de semillas de especies comerciales, adaptada a las características edafológicas y topográficas locales, con una alta proporción de gramíneas en detrimento de las leguminosas.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Se diseñó un programa de control para el material extraído del túnel y para las aguas de lixiviado, prorrogable a cinco años tras la finalización de las obras de restauración, con el fin de garantizar la aptitud del tratamiento hasta conseguir la estabilización definitiva de los materiales tratados.

Para la monitorización de la hidrosiembra se planteó un muestreo de parcelas hidrosembadas tanto sobre tierra vegetal como sobre tecnosol, utilizando los siguientes indicadores: cobertura vegetal; número de especies presentes y cobertura de cada una de ellas; número de especies colonizadoras no presentes en la mezcla de siembra, y actividad biológica de microorganismos (respirometría y actividad enzimática).

Principales resultados de la RE

El seguimiento analítico de las aguas de lixiviado de los vertederos tratados con tecnosoles co-

robora la efectividad del tratamiento desde el principio, registrando valores normales de pH y con presencia de metaloides y metales pesados similares a las aguas naturales del entorno.

El seguimiento de la hidrosiembra sobre tecnosol y tierra vegetal muestra una cobertura de vegetación del 92 % en el primero, frente al 80 % en la segunda opción, si bien el primero presenta una menor diversidad y riqueza de especies tanto respecto a las existentes en la mezcla de hidrosiembra como en las espontáneas.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

El principal problema fue el diseño inicial de la restauración, que no se realizó con la información necesaria sobre la composición química de los materiales a extraer de la excavación de los túneles. La solución adoptada fue la utilización de una nueva tecnología (diseño y uso de tecnosoles).

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Eliminación del material procedente de canteras mediante el uso de 17.000 m³ de tecnosoles. Así, se evitó la extracción y transporte de más de 32.000 m³ de caliza y se reutilizaron casi 12.000 m³ de residuos. Se minimizaron las emisiones asociadas al transporte de la caliza, al ser los tecnosoles producidos en un lugar más cercano a las zonas a utilizar como canteras.
- Combinación de una actuación de obra civil con la generación de conocimiento científico, a través del trabajo conjunto con un centro de investigación.



Extendido de tierra vegetal y Tecnosol Eutrófico



©FOAGA

MÁS INFORMACIÓN

 www.ferrovial.com

CONTACTO

 **Piedad Molina-Niñirola Moreno**

 pmolina@ferrovial.com



Restauración de turberas en compensación por la construcción de una subestación eléctrica

SECTOR Energía

PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN

Scottish Power, empresa subsidiaria de Iberdrola

COLABORADORES

Condado de Falkirk; Scottish Government Energy Consents and Delivery Unit; Scottish National Heritage; Falkirk Council Buglife

LOCALIZACIÓN

Torwood Mire, Denny, Condado de Falkirk, Escocia, Reino Unido

ESCENARIO TEMPORAL

Las actuaciones principales se realizaron en los años 2013 y 2014. Sin embargo, el trabajo de restauración se llevará a cabo a lo largo de cinco años, hasta completar todas las actuaciones, y la monitorización se extenderá 10 años a partir del inicio de los trabajos

Características ambientales del entorno

El lugar en el que se construye la subestación, y se realiza la restauración, está rodeado por una matriz de cultivos herbáceos, praderas, plantaciones forestales y bosques de carballo (*Quercus robur*) y roble albar (*Q. petraea*), con setos y muros de piedra que añaden diversidad al paisaje. En el centro de esta matriz se encuentra la turbera objeto de restauración, afectada por drenajes para la plantación de coníferas madereras, pero con presencia de especies de interés para la conservación como las pertenecientes a los géneros *Sphagnum* y *Eriophorum*.

Causas de la degradación

El desarrollo de una subestación de 400kV en Denny es una de las actuaciones estratégicas de la red de transmisión británica. Su instalación implica la afección a unas 10 ha de turbera y, tras el proceso de aprobación, se solicita a la compañía promotora el establecimiento de un fondo de conservación para dedicarlo a restaurar una superficie similar de turberas degradadas como medida compensatoria.

Objetivos de la restauración

El objetivo del proyecto de restauración de la turbera situada en torno a la subestación Beaully/Denny es restaurar hábitats únicos, restableciendo el proceso de inundación de las turberas dañadas por drenajes históricos, recuperando la biodiversidad propia de este hábitat, evitando la liberación de gases de efecto invernadero, y es-



timulando el crecimiento de musgos formadores de turba del género *Sphagnum*.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: los procesos ecológicos identificados como claves fueron: hidrológicos y geomorfológicos (inundación permanente), estructuración (diversificación) del medio físico (generación de suelos hidromórficos) y sucesión natural (aparición de especies adaptadas a la hidromorfía).

El ecosistema de referencia, turberas elevadas, fue identificado a partir del análisis de datos históricos para determinar cuál era la situación previa a la construcción de la infraestructura eléctrica. Para ello, fueron drenadas las zonas de turbera y suelos inundados de manera natural. Esto causó una aceleración del flujo de agua de lluvia contaminada con altos niveles de carbono en los ríos, y aumentó en gran medida el riesgo de inundaciones aguas abajo después de las tormentas. Este drenaje también desencadenó la liberación de grandes cantidades de CO₂ y otros gases de efecto invernadero procedentes de la oxidación de la turba, ya que, tras miles de años de vegetación acumulada en condiciones anóxicas, la mate-

ria orgánica comienza a oxidarse de nuevo. Todo este proceso afecta además a una biodiversidad característica, que únicamente aparece en estas zonas inundadas permanentemente.

La turbera sobre la que se construyó la subestación es conocida como Torwood Mire. Aunque no existen especies amenazadas y/o protegidas en el área de actuación, Scottish National Heritage identificó y delimitó los Lugares de Especial Interés Científico denominados *Darnig Moss y Howierig*. Parte de este hábitat se había perdido debido al desarrollo de la subestación, realizándose la restauración en el área restante, de modo que se pudo compensar la construcción de la infraestructura. Esta turbera se encontraba afectada de manera previa a la construcción de la Subestación por un drenaje superficial realizado para permitir la plantación de coníferas de producción maderera.

La aprobación del proyecto requirió que el promotor estableciera un fondo monetario para ejecutar un proyecto de restauración de al menos 58 ha en el condado de Falkirk. Para ello, se creó el fondo de compensación denominado "The Falkirk Lowland Bog Restoration Fund",



que exige la restauración de hábitats de turbera por un periodo efectivo de al menos 60 años. El objetivo final tras la formación del fondo fue aumentado para conseguir la restauración de 190 ha de turbera.

Ejecución: las actuaciones ejecutadas para conseguir la restauración fueron las siguientes:

- **Protección de la turbera frente a posibles impactos derivados de la operación de la subestación.** La subestación está físicamente separada de la zona de las turberas más elevadas mediante una barrera impermeable que proporciona una separación hidráulica efectiva. Además, un zócalo de hormigón con drenaje perimetral rodea la subestación, permitiendo que el agua de lluvia y cualquier otro líquido potencialmente contaminante sean capturados antes de llegar a la turbera. Los líquidos recolectados se revisan periódicamente para conocer los niveles de pH y ser tratados *in situ*, evitando el contacto con masas locales de agua.
- **Eliminación y retirada de maleza y especies invasoras.** Se eliminaron 25 ha de coníferas madereras alóctonas y matorrales surgidos tras el proceso de desecación de la turbera.
- **Recuperación de especies locales** como la hierba algodónera (*Eriophorum angustifolium*), el musgo *Sphagnum fimbriatum* y especies resistentes al fuego. Sin llegar a realizar plantaciones específicas, la gestión del hábitat permite recuperar la presencia de las especies clave del ecosistema de referencia.
- **Creación de charcas**, favoreciendo la acumulación de agua. La regeneración de la turbera implicó la creación de masas de agua, a través de la instalación de presas artificiales. Al ase-

gurar que estas zonas permanecen inundadas durante todo el año, se proporciona el hábitat adecuado para la reintroducción exitosa de especies características, que además son más resilientes a los efectos del fuego.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

El seguimiento y la entrega de informes se realizará durante los 10 años siguientes al comienzo de la restauración. Para monitorizar el proceso de restauración se instalaron anclajes de turba para determinar la altura de turba y se realizó un extenso monitoreo hidrológico para medir las capas freáticas. El monitoreo cuenta con asistencia de la asociación Falkirk Council Buglife y Scottish Natural Heritage.

Principales resultados de la RE

- La eliminación de las coníferas y la reinundación de la turbera ha permitido que los musgos del género *Sphagnum* característicos de las

turberas, que en el área tratada solo ocupaban un 11 % de la superficie a restaurar, aumenten su presencia hasta lograr aparecer en una superficie relativa del 90 %.

Por otro lado, la monitorización de la turbera hasta la fecha ha conseguido el registro de 650 especies (principalmente invertebrados), incluyendo la araña *Heliophanus Damfi*, especie característica de las turberas e indicadora de un buen estado de conservación.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Cabe mencionar los conflictos entre el personal dedicado a las labores de restauración con los de la construcción de la subestación, que trabajaban en la zona simultáneamente. Este aspecto se solucionó gracias a los planes de gestión elaborados al efecto, así como a la formación impartida al personal de la subestación, que empezó a comprometerse con la parte del proyecto dedicada a la restauración.



Además, se encontraron dificultades relacionadas con las labores de monitorización. El área debe ser evaluada por especialistas competentes para detectar y monitorizar la presencia y desarrollo de las especies clave. Durante el invierno, el cronograma de los muestreos está restringido por la presencia de ánsar campestre (*Anser fabalis fabalis*) en el área de *Darnig moss* y, durante el verano, por la presencia de aves reproductoras. Por lo tanto, las evaluaciones han de llevarse a cabo en un momento muy restringido y concreto, a principios de la primavera, para evitar interferencias con estas especies.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Dado que un hábitat como las turberas necesita del orden de cientos, o incluso miles de años, para formarse, no se ha optado por la aceleración del proceso mediante plantaciones de las especies directoras de estos hábitats, sino que se han puesto en marcha las condiciones adecuadas para que el hábitat se restaure por sí mismo a lo largo del tiempo.
- La identificación y participación de los grupos de interés más importantes ha sido clave para el desarrollo del proyecto.

MÁS INFORMACIÓN Y CONTACTO

 **Virginia Cobeño**
 vcobeno@iberdrola.es



Restauración ecológica y uso público en la Mesa de Ocaña

 **SECTOR** Extractivo.

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**
LafargeHolcim.

 **COLABORADORES**
Plegadis_Cinclus, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Universidad de Alcalá de Henares, **FIRE**, **Brinzal**, **Ecoacsa**.

 **LOCALIZACIÓN**
Términos municipales de Yepes y de Ciruelos, Toledo, Castilla La-Mancha, España

 **ESCENARIO TEMPORAL**
La explotación comenzó en 1927 y, tras un largo periodo de regeneración de la vegetación basada en la sucesión natural, a partir de 2004 empezaron a realizarse actuaciones de aceleración y seguimiento de este proceso ecológico. Estas actuaciones continúan en la actualidad con la incorporación experimental de especies endémicas de alto valor ecológico y de las listas rojas de CLM (p. ej. **pítano - *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus***).



Características ambientales del entorno

La cantera está situada a 700 m de altitud, ocupando parte de la formación geológica de la Mesa de Ocaña, donde predominan los materiales calcáreos y, en menor medida, margas yesíferas. Se asienta sobre terrenos agrícolas dedicados a cultivos de cereal, olivo y viña, en un **bioclima semiárido**. La vegetación natural predominante son los encinares achaparrados y coscojares manchegos, y sus etapas de sustitución.

Causas de la degradación

Previamente, la agricultura y, actualmente, la actividad minera a cielo abierto. La explotación se realiza en un único frente, de mil metros de longitud, pero sin superar los 10 metros de altura. Se caracteriza por tener un sistema extractivo de transferencia (permite avance del frente sincrónico a las actuaciones de restauración).

Objetivos de la restauración

Creación de una reserva natural de 250 ha mediante la **restauración ecológica** del espacio minero, que favorece la diversidad edafológica, florística, estructural y funcional de los ecosistemas regionales, creando y mejorando nichos ecológicos para la fauna regional de invertebrados, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. El uso final de los terrenos es público, orientado a la conservación, y promoviendo el conocimiento de la biodiversidad y sensibilización medioambiental. Los servicios ecosistémicos generados persiguen la mejora del capital natural inicial.



Desarrollo de la RE

Diagnóstico: elaboración del catálogo florístico, muestreo, clasificación y cartografía de los tipos de vegetación de la cantera y áreas próximas. Caracterización **edafológica** de los tipos de vegetación. Elaboración de modelos sucesionales del proceso de recolonización natural de la cantera a lo largo del tiempo. Valoración de cada especie del catálogo florístico de acuerdo con su distribución geográfica, el papel que desempeña en el ecosistema desde un punto de vista estructural y funcional, su grado de amenaza y su naturalidad. Estudio bibliográfico y censo de aves e insectos. Valoración de la biodiversidad del área de estudio en función del valor de cada zona con vegetación homogénea. Elaboración de estrategias que aseguren que los indicadores de biodiversidad aumenten a lo largo del tiempo.

Ejecución: las medidas previstas contemplaron:

Acciones preparatorias

- **Priorización** de las especies vegetales, recogida de semillas, germinación y producción de plantas.

Acciones principales

- En la cantera se realizaron, de manera simultánea, labores mineras y de restauración. A medida

que se produjo el avance del frente de extracción, se procedió a la extensión de las tierras vegetales inicialmente retiradas durante los trabajos del desmonterado y trasplante de ejemplares singulares de algunas especies como los olivos.

- Restauración de la serie de encinares y coscojares manchegos con especies y tipos de vegetación naturales: tomillares, espartales, retamares, coscojares y encinares.

- **Fomento de polinizadores:** se colocaron **colmenas de abejas** para favorecer la polinización de la flora y apoyar las poblaciones locales de abejaruco.

- Actuaciones para favorecer el asentamiento de especies de **aves rupícolas**, en colaboración con la ONG Brinzal y la Universidad de Alcalá de Henares y FIRE. Se liberaron lechuzas mediante el método de **hacking**.

- **Uso público y educación ambiental:** se instaló un observatorio de aves; se diseñaron itinerarios botánicos; se crearon rutas cicloturísticas, zonas de recreo y de esparcimiento, y se construyó el Centro de Interpretación de la Naturaleza “La Mesa de Ocaña”, adscrito a la Red de Equipamientos para la Educación Ambiental de Castilla-La Mancha, en

donde se da a conocer a los visitantes las tareas de restauración e investigación, así como los valores ambientales que posee el entorno de la cantera.

- En 2016, en colaboración con ECOACSA, se realizó una **valoración económica de los servicios ecosistémicos** generados en la restauración, analizando el coste-beneficio para identificar el valor añadido de las actuaciones efectuadas (apicultura, polinización, conservación especies amenazadas, cultura, educación ambiental, ocio y deporte).

Gestión adaptativa

- Se está realizando la evaluación de eficiencia de las labores de restauración.

i Detalles de interés para la RE

- Además de las plantas producidas en la cantera, también se utilizan plantas de **viveros especializados** que garantizan la procedencia regional y calidad genética de los ejemplares.
- Dentro de las tareas de restauración, se estableció una serie de parcelas experimentales con ejemplares de pítnano (*Vella pseudocytisus subsp. pseudocytisus*), efedras (*Ephedra fragilis* y *Ephedra nebrodensis*), encina (*Quercus rotundifolia*), esparto (*Stipa tenacissima*) y tomillo (*Thymus vulgaris*), con las cuales se analiza la influencia de factores como la herbivoría, el déficit hídrico de la época estival, la orientación y las heladas invernales, en la germinación, crecimiento, desarrollo y supervivencia de estas especies en el área de estudio.
- La miel producida por las abejas se recolecta y etiqueta como “Miel Natural de la Cantera de Yepes-Ciruelos de Lafarge Cementos”.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

- Para evaluar la buena evolución de los procesos de restauración, se aplicó un Índice de Biodiversidad con mariposas, aves, insectos, líquenes y plantas, desarrollado en colaboración con **WWF**.
- Actualmente, se ha iniciado la aplicación del indicador **BIRS** (Biodiversity Indicator and Reporting System), elaborado junto a UICN.

Principales resultados de la RE

- Restauración de 250 ha basada en criterios ecológicos, con un incremento notable de la biodiversidad en la zona (comunidades vegetales restauradas, aumento en las poblaciones de aves e insectos estudiadas, incremento de poblaciones de especies de flora de interés para la conservación, mejora de la diversidad edafológica).
- Creación de una zona de uso público educativo y de ocio para el disfrute de las personas.
- **Recursos ecosistémicos** creados en la rehabilitación, con potencial de uso para 15.000 personas.
- **Campo experimental de la Universidad** para ejecutar restauración ecológica mediante sucesión natural.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

La extensión de las tierras vegetales inicialmente retiradas durante los trabajos del desmonterado permitió el aprovechamiento del banco de semillas de suelo vegetal de los campos de cultivos

que contienen una enorme diversidad de especies autóctonas de la región.

Bajo clima semiárido la disponibilidad de agua es el factor más limitante. La mortalidad de plantas era próxima al 100 %, realizando la restauración en primavera. Adelantando las tareas de restauración a otoño/invierno, se garantiza el máximo número de días de rocío, de modo que actualmente se obtienen supervivencias cercanas al 100 %.

Se observó que las especies tardosucesionales, como la retama (*Retama sphaerocarpa*), el jazmín (*Jasminum fruticans*), el espino negro (*Rhamnus lycioides*), el aladierno (*Rhamnus alaternus* subsp. *muniozgarmendiae*), el espantalobos (*Colutea hispanica*), la coscoja (*Quercus coccifera*) o a la encina (*Quercus rotundifolia*) presentan dificultades en colonizar la cantera. Las acciones específicas de restauración consisten en facilitar la entrada de estas especies mediante recogida y siembra de sus semillas, así como la plantación de individuos. La proximidad de los frentes de explotación a las zonas naturales de los bordes de la Mesa de Ocaña también facilitan y aceleran la entrada de las especies tardosucesionales al área a restaurar.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Los estudios previos permitieron identificar las especies facilitadoras y restauradoras de procesos ecológicos, así como especies de interés, incluyendo **especies amenazadas**, que pueden tener su nicho ecológico en el área a restaurar.
- Se ha garantizado la calidad genética de los ejemplares utilizados mediante siembra propia y convenios con viveros especializados.

- La investigación llevada a cabo ha permitido identificar qué especies se deben utilizar en la restauración ecológica, y cuándo y cómo se debe realizar de forma estratégica. Las labores de restauración buscan acelerar el proceso de sucesión vegetal natural y fomentar la biodiversidad de la cantera.
- La educación ambiental y los seminarios específicos sobre Restauración Ecológica realizados en el Aula de la Naturaleza de la Mesa de Ocaña está aumentando el nivel de conocimiento y aprecio de la sociedad por la biodiversidad y los procesos naturales. El uso público de los terrenos de este espacio rehabilitado constituye un **legado del promotor minero** con altísimo interés social, cultural y natural.
- Incorporar en la gestión minera a **expertos en conservación mediante alianzas** para realizar la rehabilitación de las canteras con técnicas de restauración ecológica.

MÁS INFORMACIÓN

-  **Infografía** sobre los servicios ecosistémicos generados con la rehabilitación.
-  **Reportaje de TV**
-  **Rehabilitación de la cantera de Yepes**

CONTACTO

-  **María del Pilar Gegúndez**
-  pilar.gegundez@lafargeholcim.com



Valoración de los servicios ecosistémicos en la rehabilitación ambiental de una mina a cielo abierto de lignito

 SECTOR Extractivo

 PROMOTOR DE LAS ACCIONES
DE RESTAURACIÓN

Lignitos de Meirama S.A. (Naturgy)

 COLABORADORES Universidad de
A Coruña, Universidad de Santiago
de Compostela, Universidad Politécnica
de Madrid, Applus Norcontrol, Soluziona
Calidad y Medio Ambiente Novotec,
Golder Associates Europe Limited

 LOCALIZACIÓN Meirama, Cerceda,
A Coruña, Galicia, España

 ESCENARIO TEMPORAL 1980-2018

Características ambientales del entorno

La zona de estudio, atendiendo a un criterio biogeográfico, pertenecería a zonas potenciales de roble carballo o albar del noroeste ibérico (dominado por *Quercus robur*, tipo hábitat 9230), de clima atlántico con abundantes precipitaciones y sin marcado estiaje veraniego. La vegetación presente en las áreas periféricas a la antigua mina corresponde a formaciones de matorral atlántico de tojos (*Ulex europaeus*) y escobas (*Cytisus striatus*) junto con pequeños rodales de abedul (*Betula alba* subsp. *celtibérica*) y carballo (*Q. robur*), plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), así como diferentes tipos de pastizales.

Causas de la degradación

La explotación minera de lignito en Meirama comenzó en el año 1980 y se prolongó durante 28 años. Se extrajeron 93,6 Mt de lignito hasta el mes de enero de 2008, fecha en que se agotaron las reservas explotables y 176 Mm³ de estériles que fueron a las escombreras, siendo la superficie total afectada 771 ha. Tanto el gran hueco generado por la excavación como las escombreras suponen un gran cambio en la morfología natural de la zona, provocando la desaparición del suelo y con él de las comunidades vegetales y animales que sustentaba.

Objetivos de la restauración

Las actuaciones generales proyectadas una vez finalizada la explotación, ya estaban recogidas en el proyecto de restauración presentado ante la Consejería

de Industria en enero de 1985 y desde entonces se han estado desarrollando. El eje sobre el que se vertebró dicho plan era la conformación de un gran lago en el hueco originado por la actividad extractiva, generando un nuevo ecosistema por reemplazo y produciendo nuevos servicios ecosistémicos.

Desarrollo de la restauración y de la metodología para la valoración de los servicios ecosistémicos

Diagnóstico: con el objetivo de actualizar el plan de Restauración de 1985 se realiza un nuevo Estudio de Impacto Ambiental en enero de 2005, aportando la información necesaria al proceso de análisis multicriterio que valora la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, introduciendo la variable ambiental de una forma prioritaria en la toma de decisiones, constituyendo, de este modo, un instrumento adecuado para la preservación de los recursos y defensa de los mismos.

Ejecución: el programa de recuperación de los terrenos afectados por la mina se ha desarrollado desde el inicio de la explotación, consolidando y revegetando las nuevas superficies definitivas de escombreras que generaban las labores anuales de extracción de carbón y estériles, con especial atención sobre la vegetación riparia y siempre teniendo en cuenta los factores ambientales de la zona: climáticos, edáficos, hidrográficos, botánicos y del paisaje. De este modo, la vegetación del entorno antes de la inundación, por encima de la cota final de llenado, ya se había consolidado reduciendo los riesgos de contaminación por lavado.



© Pablo Candamio

Como labores complementarias para prevenir la generación de aguas ácidas, se realizó el sellado del fondo de la corta con arcilla, evitando el contacto directo con restos de lignito y en una primera fase de la inundación también se ejecutó una enmienda sobre las aguas mediante adición de Ca (OH)².

Metodología para la valoración de los servicios ecosistémicos: el valor monetario de los usos recreativos y ambientales del lago y su entorno se ha



cuantificado mediante el método del coste viaje (MCV). Este método permite inferir la disposición a pagar por acceder a un lugar a partir de los costes de desplazamiento en que incurre el visitante. La idea central de este método es que el precio que está dispuesto a pagar una persona por acceder a un área recreativa es, como mínimo, la suma de los costes que le provoca el viaje a la misma.

Se ha aplicado el MCV a partir de la información suministrada por 1.296 entrevistas en todo el territorio gallego. Para la valoración económica del agua, como reservorio, se adopta el principio de recuperación de costes. Los costes a tener en cuenta según el PHDHGC 2015-2021 son los costes unitarios de operación y mantenimiento referidos a los servicios en alta (0,06 €/m³). Se han utilizado dos herramientas financieras: el valor actual y el coste anual equivalente utilizando las estrategias incluidas en el documento “Abastecimiento del área metropolitana de A Coruña a partir del Lago artificial de Meirama” encargado por el organismo de cuenca.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

La inundación controlada de la mina ha sido y es objeto de una intensa labor de seguimiento desarrollada por la empresa Lignitos de Meirama S.A. (Naturgy), en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad de A Coruña. Desde los momentos iniciales de la inundación, se ha realizado un intenso muestreo de la masa de agua y ríos colindantes con la finalidad de definir su calidad fisicoquímica y biológica. Como resultado de ello, se ha logrado recopilar una gran base de datos con más de un millar de muestras. Complementariamente, la Estación de Hidrobiología “Encoro do Con” de la Universidad de Santiago realiza regularmente,

desde el año 2009, el seguimiento del potencial ecológico del lago y de la cuenca de acuerdo a los índices que se emplean en la Demarcación Hidrográfica Galicia-Costa, junto con otros estudios de biodiversidad. Actualmente, el lago de Meirama y su entorno próximo constituyen un laboratorio natural a partir del cual desarrollar estudios limnológicos y ecológicos del más alto nivel.

Principales resultados de la RE y los servicios ecosistémicos

- Actualmente el lago ya es una realidad con un volumen de 147 hm³, una superficie ocupada de 169 ha y una profundidad máxima de 205 m. Dicha masa de agua aporta estabilidad al hueco de la mina, se integra en el entorno, cuenta con una importante aceptación social, es un proyecto impulsor del desarrollo territorial (sirve de refuerzo para el sistema de abastecimiento del área metropolitana de A Coruña, aumentando la capacidad reguladora del embalse de Cecebre) y permite una rehabilitación relativamente rápida (2008-2018) y definitiva del entorno de la antigua explotación minera.
- Es una masa de agua artificial, oligotrófica, meromítica, con características singulares, pues se trata de un lago en formación ecológicamente hablando. Según los indicadores biológicos clorofila “a”, IGA, biovolumen y % Cianobacterias su potencial ecológico es muy bueno (2017). Buena prueba de ello es la colonización natural de numerosos organismos, entre los que se pueden destacar los Odonatos (grupo de insectos al que pertenecen las libélulas), alguna de ellas con valor de conservación y protegidas por la legislación (*Coenagrion mercuriale*).
- La fauna de macroinvertebrados de los ríos y arroyos del entorno es la mejor representada en

el área estudiada y que por su composición es semejante a la que aparece en otros cursos fluviales naturales de Galicia.

Resumen de la valoración económica de los SE	euros
Valor económico del lago de Meirama según el MCV	176.827.253
Disposición a pagar por actividades preferentes	59.766.946
Disposición a pagar por servicios ecosistémicos	17.828.970
Valor económico total del lago de Meirama según encuesta	254.423.169
Valor del agua del lago como variable flujo	29.407.120
Valor del agua del lago como variable fondo o stock	123.413.708
Valor económico total del lago de Meirama	407.243.997

Resultados de los servicios ecosistémicos (SE): Según la valoración que se ha hecho de los servicios ecosistémicos del lago y su entorno (USC, 2018) su valor económico (recreativo y ambiental) podría ascender a 254 millones de euros. Si este valor económico lo complementamos con el papel del lago como reservorio de agua a los municipios de A Coruña y su zona metropolitana, entonces su valor ascendería a una cantidad situada alrededor de los 407 millones de euros.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Las prospecciones han arrojado una serie de especies alóctonas con potencial invasor. Cabe destacar por su capacidad invasora, la presencia de *Cortaderia selloana* (Plumero) que figura en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Dicha planta se ha estado eliminando durante varias campañas anuales los últimos años, reduciendo su presencia de manera significativa (95%).

Se han detectado, en algunas ocasiones, desviaciones en la calidad de los tributarios, siendo comunicadas al organismo de cuenca para que éste

pudiese tomar las medidas oportunas sobre el foco u operador correspondiente.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE:

- Control exhaustivo de la calidad de las aguas.
- Los cambios en las aguas y en la diversidad sólo pueden ser evaluados por comparaciones entre las estaciones a lo largo del tiempo. La información así obtenida servirá de base para la gestión integral de esta subcuenca y para el desarrollo de futuras labores de recuperación, además de la obtención de evidencia objetiva sobre la integración ecológica y la culminación del proceso de rehabilitación.

MÁS INFORMACIÓN Y ARTÍCULOS RELACIONADOS

Francisco Guitián Ojea et al. (1995). Recuperación de las escombreras de la mina de Lignitos de Meirama (A Coruña). Universidad de Santiago de Compostela. Lignitos de Meirama S.A.

Fernando Cobo et al. La biodiversidad del lago de Meirama y su entorno (2015). Estación de Hidrobiología “Encoro do Con” (EHEC). Gas Natural Fenosa.

Fernando Cobo et al. (2017). Seguimiento ambiental de la sucesión ecológica en el lago de Meirama y su entorno. Estación de Hidrobiología “Encoro do Con” (EHEC). Gas Natural Fenosa.

Jacobo Feás et al. (2018). Valoración económica de los servicios recreativos y ecosistémicos del lago de Meirama. Universidad de Santiago de Compostela.

Conde-Porcuna, J.M., Ramos-Rodríguez, E. y Morales-Baquero, R. (2004). El zooplankton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Ecosistemas, 13 (2): 23-29.

Cummins, K.W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. Ann. Rev. Entomol., 18: 183-206.

Padisák, J., Crossetti, L. y Naselli-Flores, L. (2009): Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. Hydrobiologia, 621: 1-19.

Reynolds, C et al., S. (2002): Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research, 24: 417-428.

Rott, E. (1981): Some Results from Phytoplankton Counting Intercalibrations. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie-Swiss Journal of Hydrology, 43: 34-62.

UNE-EN 15204:2007 Calidad del agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopía invertida (técnica de Utermöhl).

Wetzel, R. G. y Likens, G. E. (2000): Limnological analyses (third ed.), Springer-Verlag New York Inc., New York, 429 pp.

CONTACTO

 **María Mangas**

 mmangas@naturgy.com



Restauración de hábitat de visón europeo (*Mustela lutreola*) en el marco del proyecto Canal de Navarra

SECTOR Construcción y explotación de infraestructuras

PROMOTOR DEL PROYECTO OHL lidera la UTE adjudicataria del proyecto de construcción y concesión

LOCALIZACIÓN Cuadrante SW de la Comunidad Foral de Navarra, desde el Canal existente hasta los ríos Arga y Ega

ESCENARIO TEMPORAL 30 años desde la adjudicación

Características ambientales del entorno

Zona de clima mediterráneo continental, con precipitaciones que escasamente superan los 400 mm anuales. Marcado estiaje veraniego de 4 meses de duración. El nuevo canal transcurre entre el ya existente y los cauces de los ríos Arga y Ega. La zona corresponde a un mosaico de cultivos y parches de vegetación natural muy diversos, desde encinares y carrascales hasta vegetación gipsícola y comunidades salinas. Por otro lado, están los cursos de los ríos Arga y Ega así como toda la red de tributarios, que presentan vegetación propia de estos medios tales como choperas, fresnedas y otras comunidades higrófilas asociadas como carrizales y juncales. Dentro de la fauna cabe mencionar importantes poblaciones de aves esteparias y mamíferos fluviales como la nutria y el visón europeo.

Causas de la degradación

Obras de mejora y ampliación de los sistemas de regadío, así como cambio de uso del suelo fruto de esta actuación. La ampliación de esta zona regable se extiende por 15.275 ha de las riberas de los ríos Ega y Arga, que dan servicio a 15 términos municipales. El proyecto comprende tres tipos de actuaciones:

- **Modernización de regadíos tradicionales** en 6.005 ha, que se regarán sin costes energéticos gracias a la cota disponible en el Canal de Navarra.
- **Creación de nuevos regadíos** mediante la transformación de 5.431 ha de secanos. El 92 % de

esta superficie se regará sin costes energéticos y un 8 % con bombeo, aprovechando las líneas eléctricas existentes.

- **Reducción de costes energéticos** en 3.839 ha de regadíos construidos en las dos últimas décadas, gracias a la mejora de los sistemas de bombeo.

El proyecto contribuye además a mejorar la calidad del agua para los regadíos, ya que pasan a regarse desde el Canal de Navarra con agua procedente del Pirineo, en lugar de los ríos Ega y Arga, que tienen problemas de calidad en época de estiaje. Por otra parte, esto supone el aumento de sus los caudales de ambos ríos, al suprimirse las dotaciones actuales para riego, lo que implica una mejora de la calidad de sus aguas, así como de los hábitats para especies de fauna y flora de ribera.

Afección al visón europeo

La zona de influencia del proyecto y más concretamente en el entorno del río Arga y Aragón es área de distribución del visón europeo (*Mustela lutreola*). En España se encuentran algunas de las últimas poblaciones de esta especie en el mundo, estando presente tan solo en algunos ríos de Aragón, Castilla y León, La Rioja, Navarra y País Vasco. Entre la mitad y dos tercios de las poblaciones españolas habitan en territorio navarro. Esta especie es, junto al lince ibérico, el carnívoro más amenazado del continente europeo ya que, a pesar de los esfuerzos de conservación que se vienen realizando, la tendencia poblacional sigue siendo negativa. Está catalogado 'En peligro Crítico de extinción' y si no se toman medidas de manera urgente y no se revierte la tendencia



Figura 1: Visón europeo (*Mustela lutreola*)

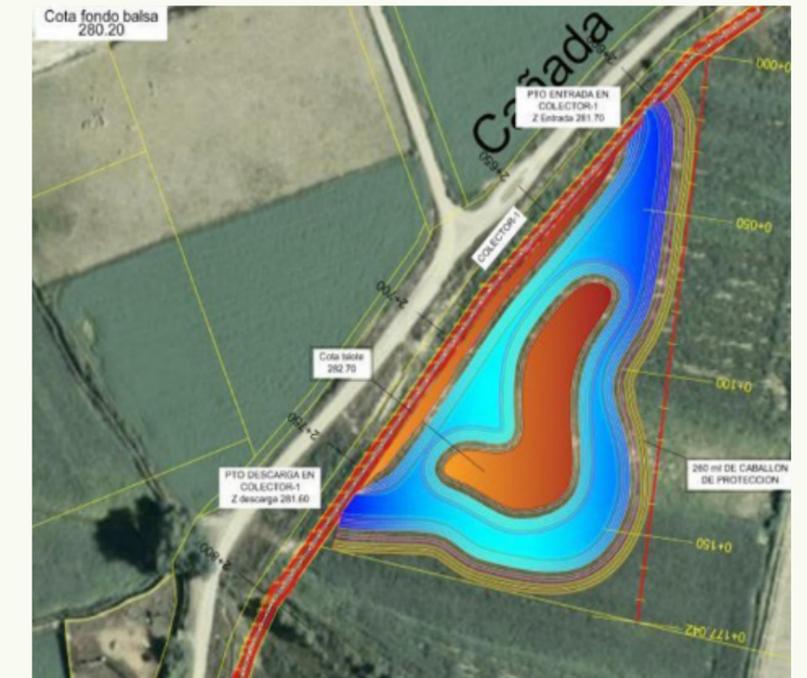


Figura 2: Balsa de cría nº3, a la izquierda el diseño y a la derecha su estado una vez ejecutada la actuación en 2018.



actual, entre cinco y siete años la especie podría desaparecer.

Objetivos de la restauración

Dada la posible afección a una especie en peligro crítico como es el visón europeo, se definieron medidas tanto de prevención como de restauración para no sólo minimizar los impactos sobre el hábitat, sino para devolverlo a su estado natural e incluso mejorarlo.

El objetivo consiste en proteger, mejorar y ampliar el hábitat de la especie objetivo, así como establecer corredores ecológicos que permitan que ésta se desplace por el territorio de forma segura.

Desarrollo de la RE

Medidas preventivas para minimizar la afección al hábitat

Adaptación de los periodos constructivos a la fenología de la especie, evitando trabajos entre abril y agosto. Mantenimiento de la vegetación natural en la medida de lo posible, desbroces manuales para ahuyentar a la fauna, velocidad limitada para el tránsito de vehículos, etc.



Actuaciones de RE y mejora del hábitat

Restauración de las comunidades de ribera, ya que las actividades agrícolas del entorno las habían reducido notablemente en algunos tramos del río Arga, mediante técnicas de revegetación (hidrosiembras, siembras y plantaciones), así como un adecuado manejo de la tierra vegetal para favorecer y acelerar los procesos de autorregeneración. Se plantaron más de 5.000 árboles y 8.000 arbustos autóctonos: fresnos, chopos, álamos, sauces, taráis, endrinos y zarzamoras.

Además de la restauración de la vegetación de ribera, se plantearon medidas de mejora del hábitat de cría mediante la construcción de tres balsas ubicadas estratégicamente en el área de influencia del proyecto. Estas balsas, con pequeñas islas en el centro de las masas de agua, constituyen un espacio de reproducción óptimo para la especie, con abundante vegetación en las orillas de estas masas de agua permanentes.

Características técnicas de las balsas de cría

En proyecto se diseñaron en un principio unos taludes 3H:2V y una cota de agua menor a 1 metro. Sin embargo, tras un análisis posterior por parte de los expertos se optó por taludes más tendidos 3H:1V.

El volumen total de la actuación (17.500 m³ de excavación) corresponden por balsa a:

- **Balsa 1:** Aprox. 2.500 m³ de excavación – Terraplén 200 m³
- **Balsa 2:** Aprox. 5.000 m³ de excavación – Terraplén 250 m³
- **Balsa 3:** Aprox. 10.000 m³ de excavación – Terraplén 550 m³

Para conseguir la presencia de agua de forma permanente, es necesario que el fondo de la balsa se sitúe bajo la cota del lecho del colector y dejando la cota de salida algo más alta que el lecho, para que en el caso de vaciado por mantenimiento o emergencia de éste último las balsas permanezcan con agua.

Con este diseño se consigue zonas con agua estancada favorables al crecimiento de la flora arbustiva y a la presencia de fauna, creando un hábitat especialmente propicio para el visón europeo.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Se trata de un proyecto en ejecución, por lo que el sistema de monitorización se incluye dentro

del programa de Vigilancia Ambiental diseñado en el Estudio de Impacto Ambiental y ratificado en la propia Declaración de Impacto Ambiental. El seguimiento de estas medidas lo realizan especialistas mastozoólogos contratados a tal efecto, junto con los responsables de medio ambiental del promotor y técnicos del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra.

Principales resultados de la RE

Se espera que, con las actuaciones realizadas, el área de influencia del proyecto pueda albergar tanto población estable de visón europeo, como permitir sus desplazamientos de forma segura y eficaz.





Protección y recuperación ambiental del río Piles, Gijón (Asturias)

SECTOR Agropecuario

PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN

Confederación Hidrográfica del Cantábrico. Encuadrado en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos

LOCALIZACIÓN

Río Piles, Gijón, Asturias, España

ESCENARIO TEMPORAL de 2009 hasta 2012

Características ambientales del entorno

Los humedales y las alisedas pantanosas de los tramos bajos de los ríos atlánticos han sufrido una importante reducción en la cornisa cantábrica. El humedal, llamado humedal Alfredo Noval, (y otros humedales reconstruidos en la cuenca del Piles) constituye un buen ejemplo de esas zonas inundables donde se desarrolla este tipo de bosque. Además, se trata de un hábitat natural de interés prioritario (91E0).

Causas de la degradación

El cauce del río Piles, en la parte donde se ejecuta el proyecto, se encontraba muy degradado debido a las presiones que ejercen el desarrollo urbanístico, las infraestructuras de transporte (construcción de viaductos y obras de drenaje, vertederos provisionales, etc.) y la actividad agropecuaria (sustitución de vegetación natural por praderas de siega, modificación de cauces para riego o para protección de cultivos, etc.), con la consecuente pérdida de hábitats. El río cruza con el enlace entre la Autovía del Cantábrico, A-8, y la Autovía Minera, AS-I, lo que añade un elemento más de presión al entorno.

Objetivos de la restauración

Los objetivos de esta restauración eran:

1. La creación de un humedal en el río Piles (Granda, Gijón). Se trata de una actuación de reemplazo (*reclamation*).
2. La reconstrucción del hábitat de alisedas pantanosas y dar respuesta así al deterioro de los



ecosistemas fluviales y de sus servicios ambientales, entre ellos los relativos a la reducción de los riesgos de inundación asociados (en este caso, rehabilitación).

3. Dar continuidad a la senda fluvial del río Piles, que conecta la ciudad de Gijón con la zona de La Camocha, en un recorrido de más de 9 km.

La actuación incluía los siguientes objetivos parciales:

- Compensar la pérdida de humedales en el territorio de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico.
- Laminar las avenidas del río Piles aguas arriba de la población de Gijón.
- Recuperar la vegetación riparia existente, concretamente las alisedas pantanosas.
- Recuperar y consolidar el dominio público hidráulico.

- Permitir el acceso público al entorno fluvial.
- Mejorar la calidad del ecosistema fluvial, eliminando los vertidos.
- Eliminar especies alóctonas.
- Poner en valor elementos de interés etnográfico y arqueológico.

Desarrollo de la RE:

Diagnóstico: el diagnóstico realizado permitió determinar que debían favorecerse determinados procesos ecológicos, aprovechando los existentes. Para impulsar la colonización natural, se aprovecharon los procesos actuales ligados a la hidrología y a la geomorfología.

La solución adoptada en este caso tiene cabida en la denominada infraestructura verde, recreando un humedal, favoreciendo la laminación de avenidas, fomentando un uso respe



tuoso del espacio fluvial y potenciando su patrimonio cultural.

Ejecución: las obras de acondicionamiento hidráulico del río Piles, que ocupan un área aproximada de 15 ha, incluyeron:

- la creación de un humedal a la altura de Granda (5 ha);
- la construcción de un caballón de tierras (2 ha) donde se instaló un observatorio de aves;
- la expropiación de terrenos pertenecientes a una carballeda (7 ha);
- un proyecto complementario de acondicionamiento ecológico, con el fin de asegurar una adecuada implantación de las comunidades vegetales y animales propias de estos ambientes húmedos. Para ello, se aplicaron técnicas de bioingeniería, evitando, en la medida de lo posible, el uso de escolleras y otros elementos artificiales.

i Detalles de la RE

- La recuperación de los taludes del humedal se ejecutó mediante diversas técnicas de plantación, abarcando una superficie de 3.326 m². La estabilización se llevó a cabo mediante la combinación de estaquillado con esquejes de sauce, lecho de

plantones de sauce y plantación de arbustos, todo ello sobre geotextil biodegradable tejido en coco de 350 gr/m² y sujeto mediante grapas.

- El humedal es atravesado por un canal cuyos taludes también se recuperaron, utilizando rizomas de geófitos injertos en biorrollo; estaquillado con esquejes de sauce, y un sembrado posterior con especies autóctonas. La superficie total de taludes a recuperar en el canal fue de 1.150 m².
- En el extremo del humedal se proyectó la instalación de un observatorio de aves para dotar al entorno adicionalmente de servicios culturales. Además, se acondicionó el camino perimetral para uso mixto (peatón/bicicletas), instalando carteles informativos sobre el proceso de restauración y los ecosistemas restaurados.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

No se planteó inicialmente un sistema de seguimiento. Fue en el marco de los trabajos de la Asistencia Técnica para el Seguimiento y Coordinación de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos donde se realizó un seguimiento durante los años 2011 y 2012 del estado de la restauración, centrando los objetivos en la cuantificación

de la superficie existente de hábitats ligados a humedales, de aliseda, de la colonización de los taludes y de la presencia de especies de fauna.

Principales resultados de la RE

- Recreación de un humedal.
- Asentamiento de rodales de aliseda pantanosa y crecimiento de hábitats ligados a medios acuáticos.
- Rápida colonización de especies nidificantes de aves ligadas a ecosistemas acuáticos y constatación de la presencia de especies singulares de fauna como el morito común (*Plegadis falcinellus*).
- Creación de una zona de ocio y uso público asociada al entorno.
- Buena aceptación por parte de la comunidad que se localiza en el entorno de la restauración.
- Buen comportamiento hidráulico de la actuación.

Problemas y soluciones adoptadas:

Uno de los principales problemas fue la ubicación del material procedente de la excavación del vaso del humedal. La solución adoptada fue la creación de una montaña artificial (denominada localmente

El Caballón), que cumple un doble objetivo: aísla visual y acústicamente el humedal y la senda fluvial del enlace de la A-8 con la AS-1, y sirve de mirador del conjunto del humedal para la observación de aves.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- La principal lección aprendida es la necesidad de llevar a cabo el seguimiento de las actuaciones. En este caso, no ha existido un plan específico de seguimiento. Únicamente se efectuó una supervisión de las actuaciones dentro de un programa específico de la Dirección General del Agua en el marco de la Estrategia Estatal de Restauración de Ríos.
- Dentro de las buenas prácticas, puede destacarse la coordinación de las diferentes entidades gestoras del territorio (Confederación Hidrográfica y Ayuntamiento de Gijón) para aunar objetivos, en este caso ligados a la puesta en valor de servicios ecosistémicos relacionados con la biodiversidad, con la regulación y con el uso público.



MÁS INFORMACIÓN

-  Confederación Hidrográfica del Cantábrico
-  Ayuntamiento de Gijón



Restauración de hábitats marinos en las Islas Baleares

SECTOR Eléctrico

PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN

Red Eléctrica de España, SAU (REE)

LOCALIZACIÓN

Bahía de Talamanca, Ibiza, Islas Baleares, España

ESCENARIO TEMPORAL

El proyecto tuvo una duración de cuatro años (desde 2012 a 2016)

Características ambientales del entorno

Los dos ámbitos marinos de Mallorca e Ibiza se encuentran cubiertos por praderas de fanerógamas marinas que constituyen el hábitat de interés comunitario prioritario *1120 Praderas de *Posidonia oceanica* y el hábitat de interés comunitario 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina (con poblaciones de *Cymodocea* sp.). Además, en aguas mallorquinas, frente a la costa de Santa Ponsa, se encuentra el Área de Importancia para las Aves marina (IBA) Aguas del poniente de Mallorca (ES416) con una de las mayores poblaciones reproductoras de pardela balear (*Puffinus mauretanicus*) a nivel global. Esta especie es una de las aves más amenazadas del Mediterráneo.

Causas de la degradación

Construcción de una línea eléctrica (132 kW) que enlaza las islas de Mallorca e Ibiza, partiendo desde Calvià (Mallorca) y finalizando en Santa Eulalia del Río (Ibiza). El recorrido consta de un tramo terrestre soterrado en cada isla y de un tramo marino. Este último atraviesa zonas con cobertura de *Posidonia oceanica*.

Objetivos de la restauración

Restauración de hábitat marino de praderas de posidonia para compensar la pérdida de superficie de este hábitat ocasionada por la apertura de las zanjas necesarias para la instalación de cables eléctricos submarinos.

Desarrollo de la RE

El proyecto de restauración se realizó en colaboración con el IMEDEA.

Diagnóstico: la revisión de la bibliografía existente permitió establecer la hoja de ruta a seguir en función de rigurosos criterios científicos. Se estudiaron las zonas de trabajo, profundidades y controles que se deberían efectuar sobre los fragmentos y semillas de *Posidonia oceanica*.

Ejecución: las medidas previstas contemplaron:

Acciones preparatorias

- **Acciones de RRHH:** al tratarse de un proyecto inédito (por no existir experiencias exitosas en esta actuación), no se podía contar con profesionales con experiencia en la manipulación y control de posidonia. Se desarrollaron talleres y prácticas en técnicas de recolección, cultivo, plantación y medición de fragmentos y semillas que permitieron la formación de un equipo especializado.
- **Acciones técnicas:** recolecta mediante técnicas no invasivas de fragmentos (desprendidos por los temporales) y semillas (captación en playas) de posidonia. Se etiquetaron todas las semillas y fragmentos para poder efectuar, durante todo el proceso de cultivo, las medidas morfológicas, de mortalidad y de evolución de las plantas.

- **Cultivo de fragmentos y semillas:** se cultivaron en acuario de agua marina con el objetivo de obtener una “cuarentena” y observar que lo recolectado tenía viabilidad para un posterior plantado en el mar. Se establecieron y controlaron las

condiciones idóneas para el crecimiento de las semillas y fragmentos, calculando salinidad, pH, temperatura y luminosidad a las que eran sometidas, de forma que se reproducían las condiciones naturales en su cultivo en laboratorio.

Acciones principales

- Plantación de fragmentos y semillas de posidonia. Las áreas de plantado se seleccionaron según la profundidad y tipo de sustrato. El sistema de anclaje para los fragmentos fue diseñado específicamente para este proyecto, al igual que el sistema de transporte del material a plantar.

Gestión adaptativa

- Tanto las plantaciones como las recolectas se efectuaron durante dos años, con la intención de mejorar en el segundo año todos los problemas asociados a estas dos fases. Se valoró la tasa de supervivencia y el grado de crecimiento



de cada planta durante los siguientes tres años para garantizar la efectividad de las medidas propuestas. Para ello, fue necesario la contratación de buzos profesionales que bajaron a las diferentes batimetrías cada seis meses.

i Detalles de interés para la RE

- Tanto el método de cultivo en tanques con luz artificial como el de estructuras en mar someras con luz solar son métodos válidos de cultivo de fragmentos. Los resultados de mortalidad oscilan entre 7,14 y 15,5 % en Mallorca e Ibiza, y sugieren que las condiciones de calidad de agua y luminosidad fueron adecuadas. La replantación de *Posidonia oceanica* mediante planta adulta arroja unos resultados de supervivencia tras el primer año de plantado por encima del 60 %, de los cuales un 18 % muestra crecimiento neto del número de haces. La supervivencia también se vio favorecida por la profundidad, tal vez como consecuencia del menor impacto del hidrodinamismo a mayores profundidades, coincidiendo además con la estación de plantado con valores más altos de densidad de haces. Se constata que la grava

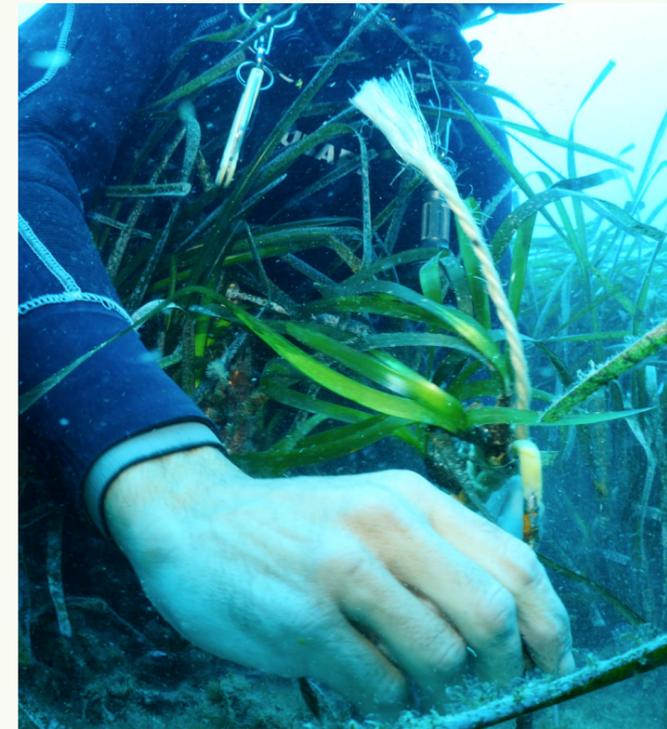
lavada de diámetros de 5-10 mm es el material más óptimo para el crecimiento.

- Según el cálculo de coste por ítem plantado, basado en los resultados del proyecto, se sitúa en los 7,84 euros /plántula y los 15,1 euros/fragmento. El coste de plantado por fragmento podría reducirse hasta los 11,8 euros si se elimina la etapa de cultivo y se plantan directamente los haces colectados. El coste de replantar una hectárea de *P. oceanica* dependerá del diseño de plantado y de la densidad de ítems deseada.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Se definieron una serie de indicadores que permitirían establecer los criterios de éxito de la plantación:

- Para los fragmentos: número de ápices/haces de hojas, longitud del rizoma, número y longitud de todas las raíces, número de hojas por haz foliar, anchura de las hojas, longitud máxima de las hojas.
- Para las plántulas: longitud de la semilla, número y longitud de todas las raíces, número y longitud de todas las hojas, anchura de las hojas.



Principales resultados de la RE

- Los resultados arrojan unas tasas de supervivencia de los fragmentos muy positivas y óptimas que se puede traducir en un futuro (debido a su lento crecimiento) en la futura recuperación de microespacios degradados de pradera de posidonia.
- La recreación de condiciones naturales en los cultivos de posidonia y la aplicación de una gestión adaptativa durante la ejecución ha sido clave en el proceso, seleccionando aquellas circunstancias y procesos que demostraban una mejor adaptación. La contratación de expertos en la materia y la búsqueda de la innovación con criterios ecológicos ha sido fundamental para guiar esta experiencia.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Permisos administrativos necesarios para la autorización de los diferentes trabajos a ejecutar.

Los estribos usados para atar los fragmentos a la estructura metálica de sujeción deben ser de material muy duradero (no biodegradable), ya que con el agua marina se degrada muy rápido.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas para la RE

- Ha sido un proyecto que ha utilizado la innovación en sus acciones preparatorias, buscando el apoyo de la ciencia para encontrar soluciones ecológicas viables en actuaciones que hasta la fecha no habían resultado exitosas. Las sinergias entre la empresa privada y un centro de investigación han sido la clave del éxito de esta experiencia.
- La RE se construye sobre evidencias científicas. Este proyecto ha tenido una importante labor de divulgación que permitirá sentar las bases de futuras restauraciones de praderas de posidonia degradadas en el medio marino, demostrando que éstas son viables, técnica y económicamente. Se ha establecido una metodología abierta para su uso en función de las experiencias y resultados obtenidos.



MÁS INFORMACIÓN

-  [Proyecto REE](#)
-  [Presentación CONAMA](#)

CONTACTO

-  **Borja Álvarez Enríquez**
-  boalvarez@ree.es



Recuperación ambiental de la estación de esquí alpino de valcotos (Madrid)

 **SECTOR** Uso público

 **PROMOTOR DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN**
Comunidad de Madrid

 **COLABORADORES** Universidad Autónoma de Madrid

 **LOCALIZACIÓN** antigua estación de esquí alpino de Valcotos, Rascafría, Madrid, España

 **ESCENARIO TEMPORAL**
desde 1999 hasta la actualidad

Características ambientales del entorno

La Sierra de Guadarrama constituye un área singular y de elevada diversidad florística en la península ibérica. Se trata además de un área representativa de la flora y la vegetación de los ecosistemas de la alta montaña mediterránea. Dentro del territorio, cabe destacar por su singularidad y sus elevados índices de diversidad el Macizo de Peñalara y el Valle del Paular. La flora vascular donde se ubicaba la estación de esquí alpino de Valcotos, y su Zona Periférica de Proyección, comprende aproximadamente 1.700 taxones de rango específico o subespecífico. Esto se explica por su condición de macizo montañoso de notable altitud y por su carácter continental en relación a otros macizos del Sistema Central que le circundan.

Causas de la degradación

La construcción en 1969 de la estación de esquí de Valcotos ocasionó la destrucción o alteración de valiosos ecosistemas y formaciones únicas de origen glaciar en Peñalara. Los datos de la estación de esquí dan una idea sobre la amplitud de la transformación sufrida: se abrieron seis pistas de esquí alpino, con una superficie de más de 24 ha; se construyeron 11 líneas de remontes, que sumaban unos seis km de trazado, un centenar de pilonas o postes para su tendido, y más de 20 construcciones asociadas. Los daños provocados abarcaban la eliminación de vegetación, la destrucción de elementos geomorfológicos del glaciarismo, realización de explanaciones y movimientos de tierras, erosión y formación de cárcavas, impacto paisajístico, etc.

Objetivos de la restauración

El proyecto de restauración ambiental se realizó con los siguientes objetivos:

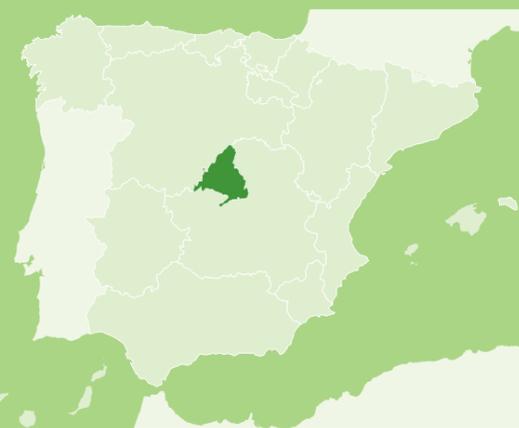
- Restituir el relieve original y la recuperar la red hídrica.
- Contener los intensos procesos de erosión.
- Favorecer el desarrollo de una vegetación igual a la de las zonas colindantes no alteradas.

Desarrollo de la RE

Diagnóstico: para la determinación del ecosistema de referencia se analizaron las imágenes aéreas anteriores a la implantación de la instalación. Dicho ecosistema, de piornales, pastizales vivaces y matorrales de alta montaña mediterránea, depende muy directamente de ciertos procesos ecológicos: los ligados al transporte (en este caso, los derivados de la erosión) y la sucesión natural. No obstante, también se consideraron los procesos hidrológicos y geomorfológicos.

Ejecución: el desmantelamiento completo y la restauración ecológica de la estación de esquí alpino de Valcotos se llevó a cabo en tres fases diferenciadas:

- La **primera fase** de la restauración ambiental consistió en la eliminación de infraestructuras artificiales asociadas a la práctica del esquí alpino. Durante el desmantelamiento, se procedió a la demolición y retirada de las pilonas, dados de cimentación, edificios y tendidos de remontes de la estación de esquí. Igualmente, se retiraron una gran cantidad de escombros y resi





duos existentes en la zona, acumulados durante la construcción y funcionamiento de la estación.

- La **segunda** fase consistió en la restitución del relieve para la recuperación de la fisiografía del terreno previa a la construcción de la estación de esquí mediante técnicas de restauración geomorfológica. Durante esta fase, las actividades que se realizaron fueron la eliminación de explanadas, desmontes y taludes, procurando no desestabilizar las zonas modificadas pero estables; la naturalización de acumulaciones artificiales de piedras (cordones de piedras en los laterales de pistas), y el control de la erosión en cárcavas mediante la instalación de barreras disipadoras de energía.
- La **tercera** fase de la restauración ambiental de Valcotos se está realizando desde el año en el 2000 y consiste en la regeneración de la cubierta vegetal.

Además, durante la tercera fase, las actividades incluyen:

- **Recolección de semillas** de leñosas y herbáceas para siembras directas o para producción de planta en vivero.
- **Trasplante de material vegetativo** entre distintas zonas en restauración.
- **Vallado de la zona de actuaciones** para favorecer el crecimiento de las especies plantadas o semilladas y la regeneración natural.
- **Aporte de materia orgánica** y banco de semillas en las zonas más alteradas (unas dos ha), utilizando la tierra procedente de la limpieza de los cortafuegos de la zona.
- **Plantaciones manuales** de primavera y otoño desde 2001.

- **Riegos de apoyo** en las zonas más difíciles de recuperar.

Sistema de monitorización y seguimiento de la RE

Transectos en 10 zonas diferentes; valoración de especies, comunidades y su cobertura.

Parcelas de muestreo (50 x 50 cm) en tres zonas diferentes: valoración de especies, cobertura y colonización, en tres zonas representativas de pastos xerófilos, pastos higrófilos y matorral de montaña.

Seguimiento global de la evolución de la cobertura vegetal de las distintas comunidades mediante fotografías aéreas.

Principales resultados de la RE

- Recuperación de la cobertura vegetal en un 70.2 % de la superficie total muestreada. Algunos casos concretos son la recuperación de la cobertura del pinar-matorral de montaña en un 85 %, y la recuperación de la cobertura del pastizal higrófilo de la Laguna grande en un 94 %.
- Las especies utilizadas que mejor han respondido han sido las gramíneas *Avenella flexuosa*, *Festuca curvifolia* y *Nardus stricta*, con elevados porcentajes de supervivencia (90 %), incremento significativo del tamaño de los parches implantados, desarrollo de estructuras reproductoras y producción de semillas viables.
- Disminución de los procesos erosivos y de la tasa de erosión al haber recuperado la red hidrológica que había desaparecido por las explanaciones de pistas e instalaciones.

Problemas encontrados y soluciones adoptadas

Los problemas fueron de dos tipos. Unos, ligados al propio medio que se pretendía restaurar, al tratarse de áreas de elevadas pendientes, suelos frágiles y condiciones climáticas extremas. En segundo lugar, aparecieron problemas derivados del elevado número de visitantes mientras se estaba trabajando, aspecto que no fue considerado a priori en el diseño.

Los trabajos de la segunda fase se desarrollaron con la dificultad añadida de no poder aportar materiales externos al parque nacional.

Buenas prácticas y lecciones aprendidas

- La **recolección de semillas y propágulos** de los ecosistemas circundantes es una práctica que favorece la implantación de una cubierta vegetal idónea.
- Mediante la recuperación de la fisiografía del terreno, se regeneró la red hídrica y se consiguieron controlar los procesos erosivos en cárcavas.

MÁS INFORMACIÓN Y CONTACTO

- 📍 Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación. Parque Nacional Sierra de Guadarrama. Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio. Ctra. M-604, km 28, 28740 Rascafría.