

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Evolución de la Restauración Minera en España

Red de Restauración de Minas y
Canteras



CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Autor Principal: Beatriz Olmo Gilabert (Red de Restauración de Minas y Canteras)

Otros autores: Carolina Martínez Ruiz (Universidad de Valladolid; iuFOR);

Daphne López Marcos (Universidad de Valladolid; iuFOR);

Josu González Alday (Universitat de Lleida; Agrotecnio);

Juan Antonio Oliet Pala (Universidad Politécnica de Madrid)

Cristina Martín Moreno (Universidad Complutense de Madrid)

José Manuel Nicolau Ibarra (Universidad de Zaragoza)

1. INTRODUCCIÓN

La minería es esencial para el suministro de materias primas, pero su impacto en el medio es significativo. Y los servicios que recibimos de los ecosistemas son también esenciales para la sociedad.

En la sociedad moderna, la industria extractiva tiene un papel estratégico como suministrador de materias primas básicas al resto de la industria, de tal forma que las posibles dificultades en el suministro de estas materias primas minerales pueden afectar al funcionamiento de la actividad industrial (MITECO, 2022).

La diversidad geológica de España se traduce en la existencia, en su territorio, de una amplia variedad de yacimientos, de rocas y minerales, que dan lugar a una variada e importante producción minera, que representa aproximadamente el 1 % del PIB (MITECO, 2022). Esta riqueza minera sitúa a España, dentro de la Unión Europea, como el único productor de sepiolita y celestita, el primer productor de espato-flúor y yeso, el segundo productor de mineral de cobre, magnesita y de sales potásicas, y el sexto productor de bentonita. Y a nivel mundial, España destaca como el primer productor de pizarra (MITECO, 2022). Lo que convierte a España en un país productor de materias primas críticas y estratégicas en la Unión Europea (Moratilla-Soria et al., 2023).

El proceso de transición energética impulsado por la Unión Europea precisa del suministro de minerales (o sus elementos químicos) empleados en sectores como las energías renovables o la fabricación de motores de alta eficiencia, lo que convierte a alguna de estas materias primas en estratégicas y conduce inevitablemente a un aumento de su producción (Moratilla-Soria et al., 2023). Debido a la transición energética que se pretende en la Unión Europea y a la electrificación creciente de la economía y a la digitalización, una serie de minerales se han convertido en estratégicos, algunos de los cuales están presentes en la geología peninsular (Moratilla-Soria et al., 2023).

Sin embargo, aunque la extracción de minerales y rocas es una actividad esencial para el bienestar de nuestra sociedad, conlleva un impacto significativo en el medio ambiente, especialmente cuando la extracción se realiza a cielo abierto (Martínez-Ruiz & Fernández-Santos, 2001). La minería a cielo abierto conlleva una pérdida de servicios ecosistémicos que son igualmente vitales para nuestra supervivencia y calidad de vida (Nicolau & Moreno, 2005; Valladares et al., 2017).

La minería a cielo abierto provoca un cambio severo en el relieve y el paisaje, al excavar grandes huecos y acumular los estériles, de donde previamente se ha eliminado la cubierta vegetal, el suelo y toda la fauna asociada. Estos procesos, además, alteran la trama de interacciones bióticas y abióticas de los ecosistemas, ensambladas a lo largo de largos períodos de tiempo. A nivel hidrológico, la modificación de la red de drenaje puede incrementar los picos de crecida, así como la posible contaminación física y química de las aguas, afectando a la recarga de los acuíferos y al flujo subsuperficial. A su vez, la circulación de maquinaria genera impactos en la calidad del aire local por liberación de partículas y gases, efecto que puede también afectar a las áreas vecinas, dependiendo de la dinámica atmosférica y de la frecuencia de riegos en las vías de comunicación de la explotación (Valladares et al., 2017).

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

La pérdida de servicios ecosistémicos es muy acusada, viéndose afectados tanto los servicios de provisión (agua, agricultura, ganadería, forestal, biodiversidad) como los de regulación (ciclo del agua, ciclo del carbono), y los servicios culturales (turismo, valores identitarios del paisaje). Esta situación, genera una alta conflictividad social en torno a las actividades mineras. De modo que una parte de la sociedad muestra gran resistencia a la apertura de nuevas explotaciones, a la vez que crece una actitud cada vez más exigente de la sociedad respecto a su correcta restauración. La principal causa de la fuerte oposición social a la minería se debe a la dificultad de compatibilizar la actividad extractiva con proyectos de desarrollo local basados en el turismo, con la calidad del agua y con los valores paisajísticos (Valladares et al., 2017).

Aunque la superficie afectada por la minería pueda parecer baja en términos del inventario mundial de degradación, las cifras son alarmantes a nivel nacional (Cooke & Johnson, 2002) y, todavía más, cuando se desciende a una escala espacial más local (Sigcha et al., 2018). La irregular distribución de los recursos mineros en el territorio tiene importantes implicaciones sociales que deben ser consideradas e integradas tanto en la fase de explotación como de restauración minera. Esto es crucial para compatibilizar la minería con otros recursos y valores del territorio, que las comunidades afectadas perciben como imprescindibles para su bienestar.

En las últimas décadas se han desarrollado conceptos y técnicas de restauración más efectivas, aunque su aplicación en el sector minero sigue siendo limitada y no se ha generalizado.

La importancia de restaurar áreas mineras no solo radica en recuperar paisajes, sino en la restauración de funciones ecosistémicas para recuperar los servicios degradados; pero también en alcanzar las crecientes exigencias sociales. La restauración de un espacio minero debería contar siempre con el apoyo y retroalimentación de la comunidad/personas que habitan en su entorno, buscando compatibilizar la minería con la sostenibilidad de los territorios y de los ecosistemas.

El objetivo principal de la restauración ecológica de espacios mineros es reconstruir sistemas complejos y ensamblar comunidades de especies nativas que puedan atender la demanda de capital natural y servicios ecosistémicos de la población. Para lograrlo, en primer lugar, se deben desactivar los procesos que bloquean la recuperación del ecosistema: erosión, competencia de herbáceas, ausencia de propágulos, etc. (Balaguer, 2013). Posteriormente, se deben activar procesos clave como la producción primaria, el reciclado de materia orgánica, la facilitación entre especies vegetales, la llegada de diásporas, etc. (Alday et al., 2013). Todo ello, teniendo en cuenta que: a) la restauración se debe realizar a varias escalas (micrositio, hábitat, paisaje); b) el énfasis se debe poner en los procesos, más que en la estructura, y c) el objetivo no debe ser establecer comunidades finales, sino crear las condiciones que permitan un ensamblaje espontáneo de las comunidades y su autosuficiencia a largo plazo (Valladares et al., 2017).

Para rehabilitar los ecosistemas degradados por minería, se han desarrollado conceptos y técnicas cada vez más efectivas (ver apartados 2 y 3). Sin embargo, su implementación sigue siendo limitada debido a una combinación de factores económicos, regulatorios, técnicos y culturales. Por ejemplo, los altos costos financieros y la falta de inversión son obstáculos significativos; algunas empresas mineras no están dispuestas a destinar los recursos necesarios para implementar técnicas de restauración avanzadas, priorizando en su lugar la rentabilidad a corto plazo. Además, la ausencia de una regulación ambiental fuerte y aplicable dificulta la adopción de prácticas de restauración más actuales, ya que, sin incentivos legales o sanciones, las empresas pueden optar por métodos más económicos y menos efectivos.

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Los retos técnicos y la complejidad ecológica también juegan un papel importante. La restauración de ecosistemas degradados es un proceso complejo que requiere un entendimiento profundo de las dinámicas ecológicas (Balaguer et al., 2014). Esto sumado a una capacitación limitada sobre restauración ecológica entre los profesionales del sector minero, resulta en un desconocimiento general sobre prácticas de restauración y sus beneficios a largo plazo.

Otro factor relevante es la falta de integración de la restauración ambiental en el ciclo de vida minero. Muchas empresas no consideran la restauración como parte integral de sus operaciones, lo que limita la planificación adecuada y la implementación de acciones efectivas desde el inicio del proyecto. Asimismo, la falta de monitoreo y evaluación a largo plazo impide entender la efectividad de las técnicas de restauración implementadas, lo que a su vez dificulta su mejora y ajuste para proyectos presentes y futuros.

Por último, el escaso interés en la responsabilidad corporativa y la sostenibilidad también contribuye a esta situación. Sin una presión significativa por parte de las administraciones, los consumidores, inversores y la sociedad en general, las empresas pueden no ver la restauración como una prioridad, lo que perpetúa el ciclo de falta de inversión y adopción de prácticas efectivas.

Abordar estos desafíos requiere una mayor inversión en financiación, capacitación, y una regulación consistente y operativa. Pero, sobre todo, la integración de la restauración ambiental en la planificación y operación general de los proyectos mineros. Sin estos cambios estructurales, será difícil lograr una adopción generalizada de las técnicas avanzadas de restauración que han demostrado ser efectivas.

En este sentido, con la reciente aprobación del Reglamento sobre la Restauración de la Naturaleza (Reglamento UE 2024/1991), la UE da un paso más en la protección del medioambiente, al obligar a los Estados miembros a elaborar y ejecutar planes nacionales de recuperación del medioambiente. Este nuevo marco normativo puede ser una oportunidad para mejorar la integración de la restauración ambiental en la planificación y operación general de los proyectos mineros, como se ha destacado en la sesión "On a Way to European Mining Restoration Guidelines" dentro de la 14th European Conference on Ecological Restoration celebrada en Tartu, Estonia el 27 de agosto de 2024 (SERE, 2024).

2. EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA

A lo largo de las últimas décadas, se ha producido una transformación sustancial en las estrategias de restauración en áreas mineras, principalmente a causa de un cambio significativo en la comprensión/percepción del impacto ecológico y el enfoque hacia la restauración/recuperación de los ecosistemas degradados durante la explotación minera.

En las décadas de 1980 y 1990, el objetivo principal de la restauración de explotaciones mineras se centraba en mitigar el impacto visual de las actividades extractivas y controlar la erosión. Este enfoque, predominantemente agronómico, implicaba prácticas como el uso de rellenos para cubrir los frentes de extracción, siembras de herbáceas comerciales y plantaciones arbóreas monoespecíficas de especies resistentes (Martínez-Ruiz & Fernández-Santos, 2001; Martínez-Ruiz et al., 2007; González-Alday et al., 2008; Alday et al., 2011; Milder et al., 2013; Torroba et al., 2015; López-Marcos et al., 2020). Se empleaba un modelo de diseño simple, basado en talud-cuneta-berma (ver Nicolau, 2003), que se centraba más en la estabilidad física del terreno que

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

en la recuperación de la funcionalidad ecológica. A pesar de su simplicidad, este enfoque ha perdurado en varios sectores mineros (minería a cielo abierto), donde la preocupación por la apariencia y la erosión sigue siendo prioritaria.

Entre el 2000 y 2010, se comenzó a vislumbrar una transformación del sector hacia un enfoque más ecológico, fundamentado en principios geomorfológicos (Martín-Duque et al., 2010). En esta etapa, se implementó el desarrollo de tecnosuelos, que suelen incluir materia orgánica, lo que permite mejorar la calidad del sustrato para la vegetación (Arán, 2024; Rodríguez-Gallego, 2024; Solé-Benet, 2024). La revegetación en esta etapa se orientó más hacia la formación de comunidades vegetales diversas, reconociendo la importancia de la biodiversidad en el restablecimiento de los servicios ecosistémicos (Alday et al., 2011). Este enfoque fue un avance en la restauración ecológica ya que aspiraba no solo cubrir el suelo, sino también a restaurar la funcionalidad del ecosistema y mejorar su capacidad para soportar la vida.

En la última década, se ha producido un avance aún más significativo en la integración de conocimientos ecológicos y geomorfológicos en la restauración (Martín-Duque et al., 2014, 2015; López-Marcos et al., 2020; Martínez-Ruiz et al., 2021a, 2021b). Ha ganado protagonismo un enfoque que prioriza la creación de suelos biológicamente funcionales, lo que implica entender mejor las interacciones entre los organismos del suelo y las plantas (Adamo et al., 2022; Muñoz-Cerro et al., 2024). Este enfoque no solo se basa en el uso de tecnologías avanzadas en restauración geomorfológica, sino también en una mayor transferencia científica entre investigadores y profesionales del sector. Las colaboraciones público-privadas han permitido la implementación de proyectos más ambiciosos y eficaces, impulsando la innovación en las prácticas de restauración. Algunos ejemplos se compartieron el curso presencial, “El suelo como elemento principal en restauración minera: gestión y tratamiento”, celebrado en Mieres en septiembre de 2024 (Red de Restauración de Minas y Canteras, 2024). Además, en estos últimos años se ha comenzado a integrar el concepto de restauración progresiva en la planificación de las actividades mineras. Esto significa que las prácticas de restauración no se consideran solo al final de la vida útil de la mina, sino que se implementan de manera continua a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta integración de explotación y restauración permite una adaptación más dinámica a las condiciones cambiantes del ecosistema y una recuperación más efectiva de los servicios ecosistémicos (Red de Restauración de Minas y Canteras, 2024).

Estos cambios que se han producido durante las últimas décadas en la aplicación y percepción de la restauración minera no son únicamente relevantes desde un punto de vista científico, sino que también responden a las crecientes exigencias sociales y regulatorias en torno a la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental de las empresas explotadoras. Esta evolución de las técnicas y objetivos de restauración ecológica reflejan un reconocimiento cada vez mayor de la importancia de la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema. Pero, a su vez, de la necesidad de mitigar los impactos negativos de la minería. En resumen, la evolución de la restauración ecológica en minera ha pasado de un enfoque meramente utilitario a uno que busca un verdadero equilibrio entre la actividad minera y la conservación de los ecosistemas, creando así un camino hacia una minería más sostenible y responsable.

3. PROYECTOS INNOVADORES EN ESPAÑA

LIFE TECMINE

Título: Técnicas innovadoras para la restauración de minas (LIFE16 ENV/ES/000159)

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Objetivos: mejorar la restauración de minas a cielo abierto en entornos forestales de ámbito mediterráneo, mediante la combinación de diferentes técnicas.

Duración: 01/11/2018 – 01/05/2022.

Ámbito minero: caolines y arcillas caoliníferas (Facies Weald y Utrillas) en ambiente Mediterráneo.

Aspectos innovadores:

- Restauración de la morfología mediante la implementación de diferentes técnicas como *GeoFluv™, enfocada en la identificación y réplica de un escenario de referencia (características similares de litología, clima y suelo) y la gestión de los flujos de agua para reducir la erosión.
- Integración de taludes en el paisaje mediante técnicas basadas en la identificación de inestabilidades y actuante sobre ellas para eliminar los riesgos a largo plazo buscando la estabilidad *geotécnica de los estratos.
- Nueva creación de suelo mezclando el material disponible en la mina (es decir, arena, arcilla y *coluvio) y agregando materia orgánica.
- Preparación del terreno para las plantas mediante una nueva técnica de microcuenca para maximizar la disponibilidad de agua para las plantas, que es el principal factor limitante en la restauración ecológica en la región mediterránea.
- Plantación de 10.000 plantas de 32 especies diferentes y creación de 8 nuevos tipos de hábitat (3 hábitats prioritarios: 9530, 9560 y 6220)

Entidad que lidera: Servicio de Ordenación y Gestión Forestal Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio (Generalitat Valenciana)

Entidades participantes: SIBELCO MINERAL S.A, CEAM (Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo), UCM (Departamento de Geodinámica de la Facultad de Geología), VAERSA (Valenciana de Estratégicas y Recursos para la Sostenibilidad Ambiental S.A.)

Premios: Premio ciudadano al mejor Proyecto LIFE 2023. Nominado a los Premios LIFE 2023 en la categoría de medio ambiente. Segundo premio en la categoría de valor agregado económico en 2015 por la ANEFA (Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos). Premio Nacional de Desarrollo Sostenible como proyecto de Buenas Prácticas Medioambientales otorgado por la Federación de Áridos durante el Congreso Nacional de Áridos de 2022.

Link web: [LIFE TECMINE - LIFE Tecmine - Generalitat Valenciana \(gva.es\)](https://www.gva.es/life-tecmine)

Otros datos de interés.

Entre los objetivos específicos del proyecto se pretendía mejorar la transferencia de conocimiento y la colaboración entre administración, industria y ciencia. Como resultado surge la actual Red de restauración de minas y canteras (RedRMC). El proyecto ha sido seleccionado por la Unión Europea como ejemplo de restauración de la biodiversidad en la Conferencia Internacional COP 15 celebrada en Montreal en diciembre de 2022. Ha sido invitado a participar en la decimosexta sesión de la Conferencia de las Partes (COP16) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD) que se celebrará en Riad (Arabia Saudita) del 2 al 13 de diciembre de 2024.

LIFE RIBERMINE

Título: Recuperación de hábitats fluviales de agua dulce mediante restauraciones ecológicas mineras, de base geomorfológica en la Península Ibérica.

Objetivo general: mejorar la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos de los cursos fluviales afectados por la antigua actividad minera.

Objetivos específicos: REDUCIR las fuentes contaminantes // APLICAR las mejores técnicas disponibles // TRANSFERIR y reproducir los resultados // RESTAURAR Y MEJORAR hábitats y ecosistemas acuáticos // DIFUNDIR las técnicas de restauración minera // DINAMIZAR dos localidades poco pobladas // SENSIBILIZAR al público.

Duración: 16/09/2019 -- 16/03/2024

Ámbito minero: Minería de caolín (Peñalén, Guadalajara, España) y minería metálica, extracción de pirita (Lousal, Grândola, Portugal)

Aspectos innovadores: aplicación de las más novedosas técnicas de Restauración Geomorfológica en minería, GeoFluv-Natural Regrade y Talud Royal®. Primer ejemplo en Europa que combina Restauración Geomórfica con remediación química para un emplazamiento minero (Lousal) y primer escenario que utiliza la Modelización de la Evolución del Paisaje (SIBERIA) para la restauración minera en Europa.

Otras nuevas técnicas desarrolladas en el marco del proyecto: (a) utilización, por primera vez en la restauración de minas (en todo el mundo), de un implemento descompactador, inventado y patentado por el personal de LIFE RIBERMINE; b) introducción en la restauración de minas en Europa de un método de translocación de bancos de semillas; c) primera aplicación de rastros tumbados para reducir la erosión y crear condiciones favorables para el desarrollo de la vegetación en la restauración de minas; d) aplicación de las técnicas del mulching-semillado en las zonas con pendientes más altas y, por tanto, más propensas a la erosión.

La revegetación de la mina de Santa Engracia (en Peñalén) se ha llevado a cabo en dos fases: en la primera fase se introdujo una mezcla de herbáceas y caméfitos, y en la segunda, uno o dos años después, se plantaron leñosas (arbustos y árboles). Una de las características originales del proyecto es que la revegetación se ajusta a la distribución espacial de la humedad en el paisaje generada con GeoFluv™.

Entidad que lidera: Consejería de Desarrollo Sostenible de la Junta de Comunidades de Castilla-LaMancha.

Entidades participantes: CAOBAR, S.A, Associação Centro Ciência Viva do Lousal (CCV-Lousal), Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha (GEACAM), Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Premios: Premio EU Green Deal por aplicación de las mejores prácticas // Premio Regional de Medio Ambiente de Castilla – La Mancha, categoría Calidad Ambiental, otorgado por la Consejería de Desarrollo Sostenible, Dirección General de Economía Circular y Agenda 2030 de la JCCM. Resolución del 06/06/2024 // Segundo puesto del XI Concurso de Divulgación Científica de la UCM en la categoría de vídeo de divulgación, otorgado por la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Por el video titulado “Restauración Geomorfológica y seguimiento en la Mina Santa Engracia (Peñalén, España)”.

Link web: https://liferibermine.com/es/homepage_es-2/ //

Facebook: <https://www.facebook.com/liferibermine/>

Instagram: <https://www.instagram.com/liferibermine/>

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Logros del proyecto: Reducción de la emisión de sedimentos a la red fluvial mediante la disminución de la erosión, de 353 t/ha/año a valores entre 3-7 t/ha/año, (línea de base) y de la concentración de sedimento en suspensión (CSS) de 181 g/l/año a 1,1 g/l/año.

- LIFE RIBERMINE es la mayor Restauración Geomorfológica Fluvial (GeoFluv - Natural Regrade) construida en Europa (12,3 ha en la mina Santa Engracia, pista a Poveda).
- Primera aplicación, en el mundo, del método Talus ROYAL® en un emplazamiento minero (Peñalén). Primer ejemplo en el mundo que combina Restauración Geomorfológica de materiales no consolidados (GeoFluv - Natural Regrade) y rocas duras (Talus ROYAL®), en Peñalén. Primer ejemplo en Europa que combina Restauración Geomorfológica con remediación química para la restauración de una mina (Lousal). Primer escenario que utiliza la modelización de la evolución del paisaje (SIBERIA) para la restauración de una mina en Europa.
- Utilizado por primera vez en la restauración de minas (en todo el mundo), un apero para la descompactación, inventado y patentado, previamente, por el personal de RIBERMINE.
- Primera vez en Europa que se aplica el método de translocación del banco de semillas. Primera vez que se aplica el tumbado de rastrojo para reducir la erosión y crear condiciones favorables para el desarrollo de la vegetación en la restauración de minas.
- Se ha conseguido el apoyo de actuaciones constructivas que han complementado las llevadas a cabo por el Proyecto LIFE RIBERMINE, por una cuantía de 1,7 M€.
- REPLICACIÓN del proyecto en 74,5 ha (durante la vida del proyecto) y diseño de 193,5 ha más, de próxima construcción, 181 ha en otros países (Suecia, Colombia)
- TRANSFERENCIA a 11 organizaciones mineras (de España, Suecia y Colombia) a través de la formación en las metodologías aplicadas en el proyecto LIFE RIBERMINE
- CONCIENCIACIÓN PÚBLICA, con más de 11.800 personas alcanzadas por el proyecto LIFE RIBERMINE
- PUBLICACIÓN de: 3 artículos científicos, 1 tesis doctoral, 8 trabajos de fin de máster, 2 trabajos de fin de grado, 9 artículos de divulgación y mención en 1 libro internacional.
- PARTICIPACIÓN en: 9 congresos internacionales y 6 congresos nacionales y organización de 7 conferencias y seminarios.

RESTOQUARRY

Título: Investigación y desarrollo en el control y la restauración de actividades extractivas.

Objetivos: Mejorar los procesos de seguimiento vinculados a la explotación de actividades extractivas mediante el uso de técnicas innovadoras. Evaluar y desarrollar nuevas técnicas de restauración minera

Ámbito minero: minería de rocas Industriales no metálicas en clima mediterráneo

Aspectos innovadores: uso de sensores remotos, drones, metodologías participativas, enmiendas orgánicas innovadoras, tecnosuelos y nuevos sistemas de plantación.

Entidad que lidera: CREAM.

Entidades participantes: Generalitat de Catalunya.

RESTARC

Título: Investigación, innovación y promoción del uso de enmiendas y residuos orgánicas en restauración de suelos.

Objetivos: Evaluar los efectos a largo plazo del uso de enmiendas orgánicas; Analizar los efectos del uso de enmiendas orgánicas en relación con secuestro de carbono; Mejorar la transferencia de conocimiento en relación con el uso de enmiendas orgánicas; Realizar nuevas pruebas piloto.

Ámbito minero: minería de rocas Industriales no metálicas e ambiente mediterráneo.

Aspectos innovadores: uso de enmiendas orgánicas innovadoras y tecnosuelos.

Entidad que lidera: CREAM.

Entidades participantes: Agència de Residus de Catalunya, MOLINS S.A., Área Metropolitana de Barcelona.

Web: <https://www.creaf.cat/research-innovation-and-promotion-use-amendments-and-organic-residues-soil-restoration>

RESTORMINE

Título: Los matorrales como especies ingenieras en la rehabilitación de minas de carbón para uso forestal y pascícola (MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and FEDER, EU).

Objetivos: Optimizar la regeneración natural de los bosques y la conservación de los pastizales y su manejo sostenible, en áreas posmineras, promoviendo procesos naturales (SbN, soluciones basadas en la naturaleza) como la facilitación planta-planta.

Duración: 01/09/2023--31/08/2026

Ámbito minero: minería de carbón a cielo abierto en ambiente mediterráneo sub-húmedo.

Aspectos innovadores:

- Monitoreo a largo plazo de soluciones basadas en la naturaleza en restauración minera (efecto nodriza, islas microclimáticas y de fertilidad, defensa frente a herbívoros...).
- RESTORMINE promueve el uso de arbustos nativos como especies ingenieras en la restauración de ecosistemas mineros, con la intención de crear una cobertura vegetal rápida y heterogénea que proporcione micrositios favorables para el establecimiento de especies de sucesión tardía (Restauración forestal de precisión), y el desarrollo de modelos sostenibles para la gestión de ecosistemas posmineros manteniendo una alta biodiversidad en las comunidades pascícolas (Conservación de pastizales).
- Aborda cuestiones fundamentales sobre el balance positivo en las interacciones entre plantas y entre la comunidad vegetal y el suelo (factores abióticos y bióticos) en entornos estresantes, dentro de un marco innovador, que contribuye al conocimiento de manera significativa.
- Analiza diferentes compartimentos del ecosistema (vegetación, suelo, microbioma e invertebrados del suelo) en diferentes microambientes y bajo diferentes prácticas de gestión para comprender de forma global y el funcionamiento del ecosistema posminero y los ensamblajes que se establecen.

Entidad que lidera: Universidad de Valladolid.

Entidades participantes: Universidad de Salamanca; Universidad Bourgogne Franche Comte, INRAE, AgroSup; the Austrian Research and Training Centre for Forests.

Web: <https://www.linkedin.com/in/restormine-research-group-2291312b4/>
<https://portaldelaciencia.uva.es/proyectos/629865/detalle>

LIFE ECORESTCLAY

Título: Holistic ecological restoration of a mining area in Tarragona (Spain) with clay quarries. (LIFE 12 BIO/ES/000926).

Objetivos: El objetivo del proyecto ha sido desarrollar un procedimiento de restauración ecológica en minería a partir de soluciones innovadoras, promoviendo; (a) la restitución de ecosistemas biodiversos, y de sus bienes y servicios; (b) la reducción de riesgos de inundación.

Duración: Desde 15/09/2013 hasta 15/09/2018. Se amplió hasta 31/03/2020.

Ámbito minero: canteras de arcilla (Aurora, Pastor I y Pastor II), propiedad de CEMEX. Las arcillas se extrajeron para la fabricación de cemento. En ambiente Mediterráneo marítimo. En el entorno del delta del Ebro.

Aspectos innovadores:

- El método de restauración geomorfológica GeoFluv™ – Natural Regrade se utilizó por primera vez en un proyecto LIFE para diseñar nuevas redes y cuencas hidrográficas en el interior de los tres huecos mineros, replicando cauces, laderas, lomas y vaguadas naturales, restableciendo la conectividad hidrológica natural perdida con la actividad extractiva.
- El barranco de Roca-Corba, que causaba inundaciones aguas debajo de las arcilleras, fue desviado parcialmente hacia el hueco minero de Pastor I, mediante una bajante de escollera, que se conectó con un cauce GeoFluv™. Los estudios hidrológicos se realizaron mediante HEC-HMS. La obra hidráulica (bajante) fue dimensionada con el programa Iber.
- El objetivo general de revegetación ha sido generar una cubierta vegetal rala para favorecer la fauna asociada a los ambientes esteparios, semiáridos. Esto ha generado un mosaico más diverso dentro de la matriz del entorno, creando hábitats semiáridos.
- Como experiencia piloto, en Aurora se aplicaron pequeños parches de mantillo forestal para favorecer la presencia de fauna edáfica desde momentos iniciales de la restauración.
- En Pastor I, la estrategia dominante ha sido la conservación de los hábitats obtenidos durante la explotación. Se han aplicado acciones para favorecer las especies rupícolas, basadas en mantener los cortados existentes, adaptar el calendario de movimiento de tierras a los periodos de cría, disminuir las perturbaciones antrópicas y mantener una cobertura vegetal mínima, con pocas intervenciones de revegetación.

Entidad que lidera: CEMEX España Operaciones S.L.U.

Entidades participantes: Universitat de Barcelona, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Zaragoza.

Premios:

- En el año 2018 se obtuvo el primer premio de Buenas Prácticas Operacionales e Iniciativas – Mejores Técnicas Disponibles, y fue seleccionada para los Premios Europeos UEPG 2019, en el marco de los X Premios Nacionales FdA de Desarrollo

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Sostenible en canteras y graveras. Más información - <https://www.aridos.org/fallados-los-x-premios-nacionales-fda-de-desarrollo-sostenible-en-canteras-y-graveras/>

- Fue distinguido en los Premios Europeos de Desarrollo Sostenible 2019, convocados por la UEPG -la Asociación que reúne a los principales fabricantes de áridos de la Unión Europea- con la Mención Especial a la Mejor Práctica en Innovación.
- El proyecto ECORESTCLAY ha sido reconocido como ejemplo de buenas prácticas en Restauración Ecológica en Minería por la Fundación Biodiversidad (Mola, I., Sopeña, A. y Torre, R. (eds.), 2018. Guía Práctica de Restauración Ecológica, Fundación Biodiversidad, Madrid).
- Ha contribuido a que la Unión Europea reconociera la restauración geomorfológica como Mejor Técnica Disponible (MDT) para la gestión de residuos de la industria extractiva (JRC, 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC. Joint Research Centre, European Commission; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/35297>. JRC109657.)

Link web: <https://www.cemexrestaura.com/> (actualmente no parece estar operativa).

Otros datos de interés:

Se han restaurado ecológicamente dos huecos mineros ya explotados, Aurora y Pastor I, estableciendo un procedimiento de recuperación geomorfológica, hidrológica, de suelos, de vegetación y de hábitats para la fauna que ha sido transferido a una cantera de arcilla activa (Pastor II), con potencial para ser replicado en otras explotaciones mineras, activas y abandonadas.

El proyecto LIFE ECORESTCLAY ha permitido demostrar que cuando la restauración geomorfológica se incorpora inicialmente, junto con el plan de explotación minero, los costes de restauración se reducen significativamente.

En el ámbito ecológico, ralentizar la sucesión vegetal utilizando materiales de baja calidad puede ser una buena opción para mantener hábitats semidesérticos durante largos periodos de tiempo. La creación de mosaicos ofrece también amplias posibilidades para fomentar una mayor biodiversidad local y regional, ampliando zonas de campeo para rapaces y de descanso para aves de paso.

En el ámbito social, el espacio ha despertado interés, y la participación de la población en diferentes actividades realizadas ofrece también una buena plataforma para potenciar usos respetuosos del espacio, tanto a nivel ambiental como económico.

LIFE CARBON2MINE

Título: Secuestro de carbono mediante la gestión sostenible de bosques y pastizales para la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad en áreas mineras (LIFE21-CCM-ES-LIFE-CARBON2MINE/101074333)

Objetivos: El proyecto tiene como objetivo fundamental el balance neutro de carbono en las cuencas mineras asturianas mediante la Gestión Forestal Sostenible (GFS), acuñando el concepto de *minería inversa*, elemento clave para abordar una Transición Justa.

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Para ello, plantea las siguientes actuaciones:

1. Restauración de áreas mineras mediante modelos selvícolas que maximicen la fijación de carbono con el fin de mejorar (1) la capacidad de almacenamiento y secuestro de carbono, (2) la biodiversidad y (3) la provisión de servicios ecosistémicos en este territorio.
2. Implementación de modelos de economía circular en la restauración del territorio mediante dos tipos de acciones:
 - a) Trazabilidad de la actividad forestal, reduciendo su huella de carbono
 - b) Incorporación de residuos orgánicos e inorgánicos de la industria local como fertilizantes. Se emplearán cenizas de combustión de biomasa forestal, procedentes de una central eléctrica de biomasa forestal y compost elaborado con madera y lodos de depuradora suministrado por la gestora de residuos pública del Principado (COGERSA, www.cogersa.es).
3. Descarbonización de la generación de electricidad, utilizando la biomasa forestal y estudiando nuevos modelos selvícolas destinados a la producción de biomasa forestal primaria y secundaria.
4. Promoción de un nuevo modelo de reactivación económica, basado en el fomento de actividades empresariales en el ámbito forestal con una notable capacidad para generar empleo, atraer población y estimular la economía local, especialmente en las zonas rurales.

Duración: 01/10/2022 a 30/09/2028

Ámbito minero: Minería de carbón en la provincia biogeográfica atlántica europea incluyendo zonas en el sector Ovetense del Cantabroatlántico y en el sector Redesano del Orocantábrico.

Aspectos innovadores:

La mayor parte de las minas a cielo abierto en la cuenca carbonífera central de Asturias han sido restauradas al largo de los últimos 40 años, atendiendo a un concepto *clásico* de restauración. Estos proyectos, apenas prestaban atención a la fase de revegetación que, en la mayoría de las ocasiones, seguía recetas que funcionaban bajo la influencia del benigno clima atlántico creando una incipiente cobertura de vegetación. Sin embargo, el tiempo y la escasa evolución de estas comunidades vegetales en más del 70% del territorio restaurado, han puesto de manifiesto la escasa calidad de estas actuaciones.

Este proyecto pone el énfasis en los potenciales servicios ecosistémicos que estas áreas pueden aportar a la sociedad con las adecuadas premisas de gestión forestal, tanto de sus sistemas arbolados como herbáceos.

Por un lado, la descarbonización cierra una puerta, pero abre otra hacia una nueva gestión más conectada con los valores sociales, económicos y ambientales actuales. Los bosques mineros, aquellos que crecen hoy sobre las antiguas minas de carbón, adquieren protagonismo en la transición energética gracias a su capacidad para capturar CO₂.

Por otro, el proyecto promueve la actividad ganadera tradicional como recurso fundamental para conseguir la neutralidad climática en 2050. La estrategia “De la Granja a la Mesa” se ve reflejada en el proyecto, gracias a la mejora de las comunidades herbáceas, prados y pastos de manejo tradicional que ocupan las tierras mineras restauradas y promueven la producción sostenible de alimentos mediante la ganadería extensiva y el uso de pastos naturales, no fertilizados químicamente como alimento del ganado que se comercializa principalmente en proximidad a su crianza

Y, por último, la economía circular sobrevuela por todas las actividades del proyecto.

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Todo ello, teniendo en cuenta la importancia económica que la promoción del sector forestal puede tener en un territorio donde más del 60% de la superficie forestal es privada y minifundista

Entidad que lidera: Universidad de Oviedo

Entidades participantes: Hulleras del Norte S.A., Agresta S. Coop., Universidad de Santiago de Compostela, PEFC España, Gobierno del Principado de Asturias

Web: www.carbon2mine.es

Otros datos de interés:

El proyecto ha captado la atención de numerosos medios de comunicación a nivel regional, nacional e internacional debido al impacto que el cierre de la minería de carbón está teniendo en las cuencas mineras. Como dato relevante, el proyecto ha sido publicado en 2024 en la revista National Geographic, bajo el título "CARBON2MINE, MINERÍA, PERO A LA INVERSA" (https://www.nationalgeographic.com.es/edicion-impresa/articulos/carbo2mine_22293)

Por otro lado, la incertidumbre actual sobre la inminente regulación europea de los proyectos de absorción de carbono y los mercados obligatorio y voluntario, ha puesto el proyecto en el foco de las empresas que requieren (o requerirán en el corto y medio plazo) compensar sus emisiones; pero también, en las empresas y propietarios forestales, que ven una oportunidad de valorización del sector y de su patrimonio.

4. EL SURGIMIENTO DE LA RED DE RESTAURACIÓN DE MINAS Y CANTERAS (RedRMC)

Motivación: La RedRMC nace para promover la colaboración entre empresas, administraciones y académicos en restauración minera (Figura 1). Surge a partir de la creciente necesidad de compartir conocimiento científico técnico de profesionales de toda España.



Figura 1. ¿Qué es la Red de Restauración de Minas y Canteras?

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Objetivos: Promover buenas prácticas, desarrollar protocolos estandarizados, facilitar la transferencia de tecnología y conocimiento, asesorar y conectar.

Líneas de trabajo: Organizar cursos de formación, seminarios y sesiones teórico-prácticas, asesorar a empresas y administraciones en diversos aspectos de la restauración minera, compartir necesidades y soluciones a través de una plataforma colaborativa de transferencia de conocimiento y experiencias, identificar necesidades técnico-científicas y promover y participar en proyectos de investigación y desarrollo, participar en seminarios, congresos y revistas especializadas, dando visibilidad a las mejores prácticas, e iniciar un proceso colaborativo de definición de normas de restauración/rehabilitación minera que promuevan la CERTIFICACIÓN (Figura 2).

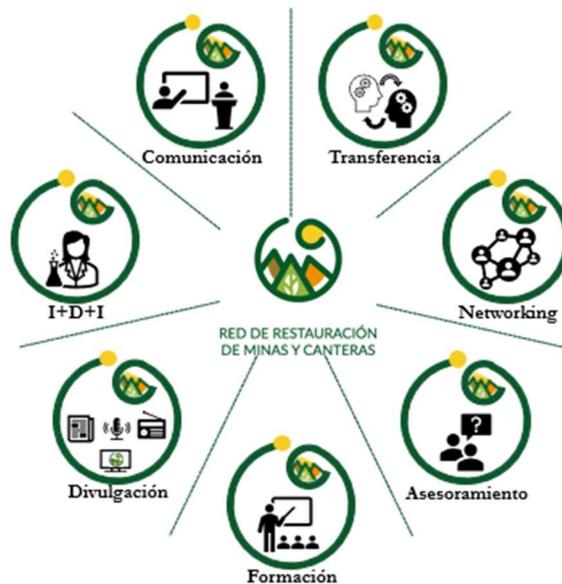


Figura 2. Líneas de trabajo de la RedRMC.

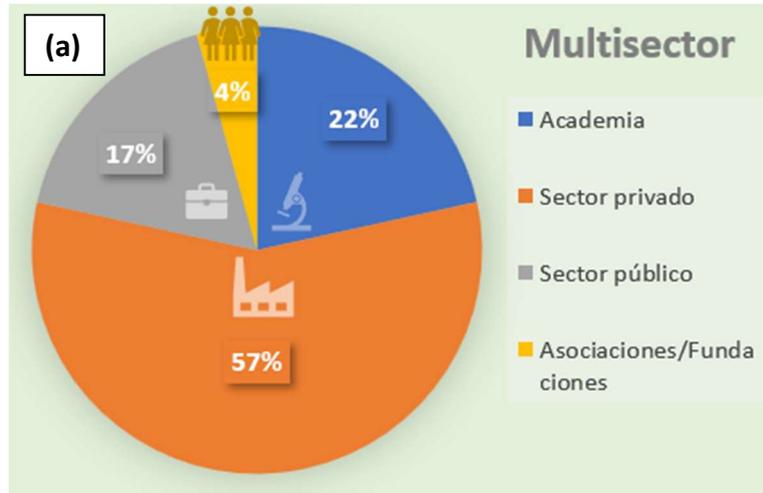
Quiénes somos: La RedRMC está integrada por socios individuales e institucionales que representan a la Academia (investigadores), a los sectores privado (empresas) y público (administraciones), y a las ONGs/Fundaciones/Asociaciones (Figura 3).

Entre los grupos de investigación en España, se incluyen profesionales de campos tan distintos y complementarios como: geología, geoquímica, edafología, silvicultura, ecología, geomorfología, biodiversidad, minería, geotecnia, botánica, paisaje, vida silvestre, que pertenecen a diferentes universidades y centros de investigación: Universidad Complutense de Madrid, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad de Zaragoza, Universidad de Valladolid, Universidad de Alcalá, Universidad de Alicante, Universidad de Oviedo, INDUROT, CREAM, CEAM, Centro Tecnológico del Mármol.

Dentro del sector privado destacan empresas mineras y consultorías nacionales y multinacionales. También incluye el grupo líder en Europa en la técnica de restauración geomorfológica GeoFluv-Natural Regrade™ reconocida como una de las Mejores Técnicas Disponibles para la Gestión de Residuos de Industrias Extractivas en la UE, por la Comisión Europea.

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA



(b) **SOCIOS INSTITUCIONALES**

Empresas mineras: ARITEC, ATALAYA, EIFFAGE, EMERITA, HOLCIM, MAXAM, SÓDIRA, hunosa

Empresas de restauración y consultoría: CINCLUS, CRS, EVEN, OEXEA, INGENIERIA EBRO, ReVi, Semillas Silvestres, SIEP, TEN

Academia: CEAM, CREAM, XASRAM, Indurot, UNIVERSIDAD DE OVIEDO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, Centro Tecnológico del mineral, geología y materiales, RESTAURACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Administraciones Públicas: Generalitat de Catalunya, Región de Murcia

Asociaciones /Fundaciones: ANEFA, FIREOS, FUNDACIÓN TORMES-EB, BARREDO, GREMI D'ARIDS de Catalunya

COLABORADORES



Figura 3. Integrantes de la RedRMC: (a) por sectores; (b) miembros institucionales.

5. RETOS FUTUROS

- ✓ **Sostenibilidad:** Los proyectos de restauración minera deben enfocarse en recuperar ecosistemas funcionales a corto y largo plazo. Esto implica reintroducir especies nativas y asegurar que los ecosistemas restaurados se mantengan autosuficientes, integrando en su diseño y planificación el conocimiento científico generado tras el seguimiento de numerosas actuaciones de restauración.
- ✓ **Innovación:** La integración de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración geomorfológica, la creación de tecnosuelos o el fomento de las interacciones positivas, plantea oportunidades para una restauración más eficiente.
- ✓ **Seguimiento:** Nuevas herramientas como la teledetección, drones, inteligencia artificial y big data pueden mejorar la evaluación y el seguimiento de las áreas restauradas, optimizando la eficiencia y reduciendo los costes.
- ✓ **Integración de la restauración en el marco normativo:** Es necesario coordinar los planes de restauración minera con los compromisos internacionales, así como con las normativas nacionales y regionales.
- ✓ **Restauración progresiva:** Impulsar la restauración como parte del proceso minero implica la restauración de áreas ya explotadas durante la vida útil de la mina, en lugar de esperar al cierre de la misma. Este enfoque reduce el impacto ambiental acumulado y mejora la aceptación social.
- ✓ **Economía circular:** Integrar los principios de la economía circular en la gestión de residuos mineros podría transformar los pasivos ambientales en activos mediante el reciclaje y reutilización de materiales mineros para nuevos usos industriales.
- ✓ **Participación comunitaria:** Es cada vez más evidente la necesidad de involucrar a las comunidades locales en los procesos de restauración, para garantizar que los proyectos reflejen las necesidades y expectativas sociales. Esto también contribuye a la legitimidad y el éxito a largo plazo.
- ✓ **Costes y financiación:** La restauración de minas implica altos costos, lo que plantea la necesidad de asegurar una financiación adecuada. Una de las principales dificultades es asegurar que las garantías económicas estén disponibles y sean suficientes para cubrir los costes de una restauración de calidad.
- ✓ **Seguimiento: establecimiento de indicadores claros:** El desarrollo de indicadores estandarizados que midan el éxito de la restauración ayudará a mejorar las prácticas y a hacerlas replicables en diferentes proyectos y regiones.
- ✓ **Certificaciones y auditorías:** Avanzar hacia la certificación de la restauración minera a través de sistemas de evaluación externa puede fortalecer la credibilidad y asegurar que los compromisos restaurativos sean cumplidos de manera eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

Adamo, I., Dashevskaya, S., & Alday, J.G. (2022). Fungal perspective of pine and oak colonization in Mediterranean degraded ecosystems. *Forests* 13, 88. <https://doi.org/10.3390/f13010088>

Alday, J.G., Marrs, R.H., & Martínez-Ruiz, C. (2011). Vegetation convergence during early succession on coal wastes: a 6-year permanent plot study. *Journal of Vegetation Science* 22, 1072-1083. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01308.x>

Alday, J.G., Marrs, R.H., & Martínez-Ruiz, C. (2013). Revegetación de zonas mineras: retos y soluciones para una revegetación efectiva. En A. García, J.R. Travieso (Eds.), *Restauración Ecológica en Minería. De la Teoría a la Práctica* (6 pp.). Fundación Ciudad de la Energía, Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Ponferrada, León.

Arán, D. (2024). Tecnosuelos en la minería metálica: diseño y seguimiento. En *El suelo como elemento principal en restauración minera: gestión y tratamiento*. Mieres 18-20 de septiembre.

Balaguer, L. (2013). Restauración ecológica: otra forma de hacer las cosas. En: A. García, J.R. Travieso (Eds.), *Restauración Ecológica en Minería. De la Teoría a la Práctica* (pp. 19-30). Fundación Ciudad de la Energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Ponferrada, León.

Balaguer, L., Escudero, A., Martín-Duque, J.F., Mola, I., & Aronson, J. (2014). The historical reference in restoration ecology: re-defining a cornerstone concept. *Biological Conservation* 176, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.007>

Cooke, J.A., & Johnson, M.S. (2002). Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. *Environmental Reviews* 10, 41-71. <http://dx.doi.org/10.1139/a01-014>

Gegúndez, P. (2022). Una resolución de UICN ayuda a cambiar el rumbo de la restauración minera impulsando al sector hacia la sostenibilidad. *Cemento y Hormigón* 1011, 12-13.

González-Alday, J., Marrs, R.H., & Martínez-Ruiz, C. (2008). The influence of aspect on the early growth dynamics of hydroseeded species in coal reclamation areas. *Applied Vegetation Science* 11, 405-412. <https://doi.org/10.3170/2008-7-18497>

López-Marcos, D., Turrión, M.B., & Martínez-Ruiz, C. (2020). Linking soil variability with plant community composition along a mine-slope topographic gradient: implications for restoration. *Ambio* 49, 337-349. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01193-y>

Martín-Duque, J.F., Sanz, M.A., Bodoque, J.M., Lucía A., & Martín-Moreno, C. (2010). Restoring earth surface processes through landform design. A 13-year monitoring of a geomorphic reclamation model for quarries on slopes. *Earth Surface Processes Landforms* 35, 531-548.

Martín Duque, J.F., Bugosh, N. 2014. Examples of geomorphic reclamation on mined lands in Spain: from pioneering cases to the use of the GeoFluv method. In: *2014 OSM National Technical Forum - Geomorphic Reclamation at Coal Mines*, Albuquerque, New Mexico, May 20-22. Office of Surface Mining, Reclamation and Reinforcement (OSMRE), Department of Interior, United States.

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Martín Duque, J.F., Zapico, I., Oyarzun, R., López García, J.A., & Cubas, P. (2015). A descriptive and quantitative approach regarding erosion and development of landforms on abandoned mine tailings: New insights and environmental implications from SE Spain. *Geomorphology* 239, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.035>

Martínez-Ruiz, C., & Fernández-Santos, B. (2001). Papel de la hidrosiembra en la revegetación de escombreras mineras. *Informes de la Construcción* 53 (476), 27-37. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/102231/1/18-09-2014-3.pdf>

Martínez-Ruiz, C., Fernández-Santos, B., Fernández-Gómez, M.J., & Putwain P.D. (2007). Natural and man-induced revegetation on mining wastes: changes in the floristic composition at early succession. *Ecological Engineering* 30, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.01.014>

Martínez-Ruiz, C., Zaldívar, P., Fernández-Santos, B., López-Marcos, D., & Alday, J.G. (2021a). Los arbustos nodriza en la restauración forestal de minas de carbón del noroeste de Palencia. Caso práctico IV, pp. 317-336 (Tomo 2). En J. Peman et al (Coords.), *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal*. MITECO, Madrid.

Martínez-Ruiz, C., Milder, A.I., López-Marcos, D., Zaldívar, P., Fernández-Santos, B. (2021b). Effect of the forest-mine boundary form on woody colonization and forest expansion in degraded ecosystems. *Forests* 12, 773. <https://doi.org/10.3390/f12060773>

Milder, A.I., Fernández-Santos, B., & Martínez-Ruiz, C. (2013). Colonization patterns of woody species on lands mined for coal in Spain: preliminary insights for forest expansion. *Land Degradation and Development* 24, 39-46. <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.1101>

MITECO 2022. *Estadística Minera de España 2022*. [Consulta: 04/10/2024]. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/mineria-explosivos/estadistica/consulta.html#2022>

Moratilla-Soria, B.Y., Sáez de Santamaría-Benedet, J.A., Alonso-Martínez de Salinas, A. & Martín-Colino, A. (2023). Recursos minerales para la industria española Análisis de la nueva movilidad. Universidad Pontificia de Comillas. <https://files.griddo.comillas.edu/informe-recursos-minerales-para-la-industria-espanola-analisis-de-la-nueva-movilidad.pdf>

Muñoz-Cerro, E., García-Duro, J., López-Marcos, D., Hidalgo, E., Bocos-Asenjo, I.T., De Torre-Sáez, A., Manso-Arribas, M., Alonso-Zaldívar, H., Martínez Ruiz, C., Philippot, L., & Pérez-Valera, E. (2024). Soil microbial communities as bioindicators of the reclamation process in Northern Spain coal-mines: the case of grazing-shrubs synergies. En *SERE24 Abstracts Book: Bridging Science, Practice, and Policy of Nature Restoration*. Tartu, Estonia.

Nicolau, J.M. (2003). Trends in relief design and construction in opencast mining reclamation. *Land Degradation and Development* 14, 215-226. <https://doi.org/10.1002/ldr.548>

Nicolau, J.M., & Moreno de las Heras, M. (2005). Opencast mining reclamation. En S. Mansourian, D. Vallauri, N. Dudley, (Eds.), *Forest Restoration in Landscapes: Beyond planting Trees* (pp. 370-376). WWF/Springer, Berlin. Germany.

Red de Restauración de Minas y Canteras (2024). Curso: *El suelo como elemento principal en restauración minera: gestión y tratamiento*. Mieres 18-20 de septiembre. <https://restauracionminas.org/eventos/titulo-evento-nuevo-demo/>

CONAMA 2024

EVOLUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN MINERA EN ESPAÑA

Reglamento (UE) 2024/1991 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de junio de 2024 relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869. *Diario Oficial de la Unión Europea* ES, Serie L de 29/07/2024, 93 páginas. ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj>

Rodríguez-Gallego, J.L. (2024). Estrategias y desafíos en la recuperación sostenible de espacios mineros, tratamientos del suelo y ejemplos prácticos. En *El suelo como elemento principal en restauración minera: gestión y tratamiento*. Mieres 18-20 de septiembre.

Sigcha, F., Pallavicini, Y., Camino, M.J., & Martínez-Ruiz, C. (2018). Effects of short-term grazing exclusion on vegetation and soil in early succession of a Subhumid Mediterranean reclaimed coal mine. *Plant and Soil*, 426(1), 197-209. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3629-2>

Society for Ecological Restoration - Europe (SERE). 2024. Abstracts book of the 14th European Conference on Ecological Restoration, Tartu, Estonia, 26-30 August 2024.

Solé Benet, A. (2024). Restauración de suelos decanteras con tecnosuelos en zona mediterránea semiárida. En *El suelo como elemento principal en restauración minera: gestión y tratamiento*. Mieres 18-20 de septiembre.

Torroba-Balmori, P., Zaldívar, P., Alday, J.G., Fernández-Santos, B., & Martínez-Ruiz, C. (2015). Recovering *Quercus* species on reclaimed coal wastes using native shrubs as restoration nurse plants. *Ecological Engineering* 77, 146-153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.024>

Valladares, F., Gil, P., & Forner, A. (coord.). (2017). *Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 357 pp.

Contacto:

Web: www.restauracionminas.org

Email: info@restauracionminas.org

