

Aplicación de Flora
Autóctona en la
Recuperación de Zonas
Afectadas por la Minería
en el Valle del Río
Rodrigatos (El Bierzo,
León, España)

L. Galeán
R. Gamarra
H. Sáinz
R. Millán

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Catálogo general de publicaciones oficiales
<http://www.060.es>

Depósito Legal: M -14226-1995

ISSN: 1135 - 9420

NIPO: 471-10-022-9

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S54

PLANTS; ENVIRONMENTAL IMPACTS; ENVIRONMENTAL PROTECTION;
COAL MINES; GREENHOUSE GASES; ECOSYSTEMS; SPAIN; REGIONAL ANALYSIS;
ECOLOGY

**Aplicación de Flora Autóctona en la Recuperación de Zonas Afectadas por la Minería en el
Valle del Río Rodrigatos (El Bierzo, León, España).**

Galeán, L.; Gamarra, R.; Sáinz, H.; Millán, R.

44 pp. 4 fig. 65 ref.

Resumen:

Los lugares afectados por la minería presentan dificultades para ser colonizados por la vegetación y emprender así una recuperación hacia un ecosistema más saludable, por ello, son necesarias labores de restauración. El objetivo de este trabajo es proponer un conjunto de especies autóctonas propicias para el establecimiento de una comunidad vegetal estable y autosuficiente, que proteja el suelo y contribuya a la pronta integración en el paisaje de las áreas afectadas por la minería en la cuenca superior del río Rodrigatos, en la comarca de El Bierzo (León).

Se realizó un análisis de las comunidades vegetales empleando el método fitosociológico de Braun-Blanquet (1979), para, posteriormente, seleccionar con criterios ecológicos las especies más adecuadas para la revegetación. Asimismo se elaboró un cartografiado vegetal mediante la utilización de ortofotos para determinar y delimitar la ubicación de las distintas unidades del paisaje.

Entre las especies candidatas, en una primera fase de revegetación, se proponen diversas herbáceas con capacidad encespedante en zonas llanas; especies del género *Cytisus* y *Genista* en zonas de pendiente moderada y especies como *Rumex induratus* Boiss y Reuter, *Erysimum linifolium* (Pourr. Ex Pers.) Jay en las zonas de mayor pendiente por su capacidad de enraizamiento. En etapas posteriores, se recomienda la introducción de especies arbóreas características de cada formación. Por otro lado, en las zonas de ribera se propone la introducción desde una primera etapa de especies como *Carex elata* subsp. *reuteriana* (Boiss.) Luceño y Aedo, *Alnus glutinosa* (L.) y *Salix atrocinerea* Brot.

La propuesta de especies que se presenta en este trabajo incluye algunas no empleadas habitualmente en restauración, por lo que sería necesario un estudio posterior más detallado para evaluar su grado de éxito para este fin.

**Using Native Plants in the Reclamation of Areas Affected of Mining Activities in the Rodrigatos
River Valley (El Bierzo, León, Spain)**

Galeán, L.; Gamarra, R.; Sáinz, H.; Millán, R.

44 pp. 4 fig. 65 ref.

Abstract:

It is difficult for sites affected by mining to be colonized by vegetation and thus they suffer a slow recovery to a healthy ecosystem and, as a result, restoration work is necessary. The aim of this report is to propose a set of native species which are conducive to establishing a stable and self-sufficient plant community that will protect the soil and contribute to the rapid integration into the landscape of the areas affected by mining in the upper basin of the river Rodrigatos in the region of El Bierzo (León).

An analysis of plant communities was undertaken using the phytosociological method of Braun-Blanquet in order to subsequently select, using ecological criteria, the most suitable species for revegetation. Plant mapping using ortho-photos was also developed in order to identify and delineate the location of the different landscape units.

Among candidate species, in the first revegetation phase, we suggest a variety of herbs that are able to fix soils and protect them from erosion; species of the genus *Cytisus* and *Genista* in areas of moderate slope and species such as *Rumex induratus* Boiss and Reuter, *Erysimum linifolium* (Pourr. Ex Pers.) Jay in steeper areas because of their rooting ability. In later stages, the introduction of tree species characteristic for each formation is recommended. Furthermore, in the riverside areas species such as *Carex elata* subsp. *reuteriana* (Boiss.) Luceño and Aedo, *Alnus glutinosa* (L.) and *Salix atrocinerea* Brot. are proposed for introduction from the first stage onwards.

The species proposed in this study include some not commonly used in restoration, so a subsequent more detailed study would be required in order to assess their degree of suitability for this use.

AGRADECIMIENTOS

A Rocío Millán y al CIEMAT, por darme la oportunidad de aportar mi trabajo a un gran proyecto, así como a la Fundación CIUDEN por proporcionar los medios necesarios para ello. A los profesores Roberto Gamarra y Helios Sainz por sus sabios consejos e inestimable ayuda y tiempo. Gracias a Marcos, por su predisposición permanente en aclarar mis dudas. Gracias a Sara, con la que he muestreado codo con codo.

A los profesores de la universidad, que han hecho posible alcanzar un nivel de conocimientos técnicos necesarios para la realización del proyecto.

A los compañeros de máster que he tenido. Gracias a ellos este último año y medio ha sido menos duro y de gran provecho y satisfacción personal.

A mis amigos de fuera de la universidad, por su valor incalculable.

A mis padres y hermano, por estar siempre ahí y animarme a seguir adelante con la tesis en todo momento.

A Jenny y a Vroni, por la revisión del “Abstract” en los momentos más absurdos del fin de semana.

Muchas gracias a todos.

Índice

Resumen

Abstract

Agradecimientos

Introducción y antecedentes.....1

Objetivos.....5

Materiales y Métodos.....7

- Zona de estudio.....7
- Metodología.....9
 - o Cartografiado de las unidades de paisaje.....9
 - o Análisis de las comunidades vegetales.....10
 - o Selección de especies.....11

Resultados.....13

- Análisis de las comunidades vegetales.....13
 - a. Formaciones edafohigrófilas y de sustitución.....13
 - b. Formaciones climatófilas y de sustitución.....14
- Elección de especies.....16
 - o Especies de las formaciones edafohigrófilas.....16
 - o Especies de las formaciones climatófilas.....16

Discusión.....19

- Propuesta de revegetación.....25

Conclusiones.....27

Anexo I.29

Anexo II.31

Bibliografía.....41

Introducción y antecedentes

La degradación producida por labores mineras es bien conocida globalmente. Cada vez más, se reclama desde la sociedad una serie de medidas correctoras de los daños causados a lo largo del desarrollo de la actividad minera. La necesidad cada vez mayor de estos recursos está provocando una aceleración en la regresión de la diversidad biológica junto con otros problemas ambientales (Bradshaw, 1983). Hoy en día se considera que la conservación de los valores ecológicos, paisajísticos, productivos y científico-culturales de un lugar o territorio debe incluir una actitud activa (Gómez, 1994). De esta manera, la conservación es necesaria pero ya no es suficiente, siendo imprescindible mejorar, rehabilitar y recuperar para otros usos aquellos ecosistemas o paisajes degradados por las actividades mineras ya abandonadas (Hobbs y Norton, 1996; Aronson *et al.*, 2007).

La restauración ecológica, en su sentido más amplio, ha sido definida por la Sociedad Internacional de Restauración ecológica (SERI, en inglés), como “*el proceso de favorecer el restablecimiento de un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido*”. Se considera que un ecosistema se ha restablecido, cuando contenga suficientes recursos bióticos y abióticos que le permitan continuar su desarrollo sin necesidad de futuras intervenciones, sea capaz de mantenerse estructural y funcionalmente, demuestre ser resiliente a los rangos normales de estrés ambiental y a las perturbaciones e interactúe con los ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos (SER, 2004).

Se trata por lo tanto de alcanzar un sistema de referencia como modelo para la planificación y posterior evaluación de los proyectos de restauración. El describir dichos sistemas de referencia, así como los distintos métodos para alcanzarlos, genera aún mucha controversia (SER, 2004). No hay un consenso generalizado sobre el alcance del concepto restauración y otros afines, existiendo multitud de términos, los cuales aún no cuentan con las palabras adecuadas en lengua española, para distinguir entre los diferentes objetivos que se persiguen en cada caso (Gómez, 2004). El término *restauración* es el más ambicioso, que trata de alcanzar la mayor semejanza con el ecosistema original, siendo considerada por algunos autores como una práctica elitista y utópica (Balaguer, 2002). El término *rehabilitación*, persigue mejorar la productividad del ecosistema, sin necesariamente parecerse al que se encontraba antes de la perturbación. Un ejemplo sería el que realizan las administraciones

como las “mejoras” de terrenos, remedios para impedir la erosión o actuaciones hidrológico-forestales entre otros. Y por último, el término *recuperación* se aplica cuando la situación de partida es la del ecosistema destruido, y se pretende obtener un ecosistema algo más funcional, aunque puede ser el punto de partida hacia objetivos más ambiciosos (SER, 2004). Este último caso es el que se da con más frecuencia en las zonas urbanas o mineras y al que haremos referencia generalmente en el texto aunque, de manera general, se emplee el término *restauración*.

El proceso de restauración trata de recuperar la biodiversidad, la integridad y salud ecológica, para lo cual, la identificación de los problemas específicos que impiden la regeneración natural del ecosistema es fundamental (Dobson *et al.*, 1997). Para este fin, es además necesario un estudio básico de la composición de especies, estructura y funcionamiento. En el caso de las minas, el proceso de la sucesión natural es lento debido a la eliminación de la capa superficial del suelo, a la pérdida del banco de semillas y a la modificación en el perfil. Dobson y colaboradores (1997) estiman que para que se vuelvan a desarrollar comunidades maduras podrían pasar milenios. Las actuaciones en estos escenarios suponen, en la mayoría de los casos, mejorar las condiciones físicas y químicas del sustrato para restablecer la cubierta vegetal, que en general se introduce de manera artificial con el fin de acelerar la rehabilitación natural (Bradshaw, 1983).

En el proyecto que nos ocupa, desarrollado en la provincia de León, la minería comienza hacia el año 1764, con especial auge en 1918 con la creación de la Minero Siderúrgica de Ponferrada (Vega, 2003). Aunque se ha visto reducida en las últimas décadas, todavía se mantiene una intensa actividad minera y fruto de ella existen numerosas estructuras (balsas de lodos, instalaciones, escombreras, bocaminas con drenajes ácidos, etc.) en distintos estados de recuperación o sin restaurar (Fig. 1). Es sólo a partir del año 1982, con el Real Decreto 2994/82, sobre Restauración de Espacios Naturales Afectados por Actividades Mineras, y en el caso concreto de la minería del carbón con el Real Decreto 1116/1984, cuando se establece la obligación de restaurar el espacio natural afectado por las explotaciones a cielo abierto e instalaciones o trabajos en el exterior de las minas de galería (Gómez, 2004). Por ello, las actividades extractivas anteriores a 1982 están exentas de dicha restauración, teniendo que ser llevada a cabo por otros organismos públicos o privados.

En la Convención de Lucha contra la Desertificación de Naciones Unidas se recomienda adoptar medidas de recuperación de este tipo de paisajes mineros. En este contexto, surge el

acuerdo específico en el año 2005 entre el Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para el estudio de la recuperación ambiental de la comarca, elaborándose una memoria científico-técnica (Vadillo *et al.* 2006) como diagnóstico ambiental derivado de las actividades mineras.

Figura1. Escombreras del valle del Río Rodrigatos



La Fundación pública estatal Ciudad de la Energía (CIUDEN) surge en el año 2005 con el objetivo de potenciar el desarrollo económico y social de la comarca minera del Bierzo (León), mediante la ejecución de actividades relacionadas con la energía y el medio ambiente. Entre los distintos programas de la fundación, junto con el Consejo Comarcal, el Ayuntamiento de Igüeña y el CIEMAT, comenzaron en 2008 con el proyecto piloto de restauración edafopaisajística de las escombreras que afectan al núcleo de Tremor de Arriba (Municipio de Igüeña). Además, se está llevando a cabo una caracterización y estudio edafopaisajístico en la cuenca superior del río Rodrigatos que pertenece también al municipio de Igüeña (Mejuto *et al.*, 2008). Tanto en la zona de Tremor de Arriba como en la cuenca superior del río Rodrigatos están teniendo lugar los estudios preliminares que servirán para implementar las actuaciones de restauración edafopaisajística en otras áreas de la comarca (Mejuto *et al.*, 2008).

El Plan Director sobre la Restauración Edafopaisajística y su integración en el territorio vinculado a la Fundación Ciudad de la Energía, abarca tanto la dimensión ecológica como la dimensión social. Entre sus objetivos principales están el disponer de un análisis y diagnóstico de la situación de zonas deterioradas por la actividad minera en la cuenca carbonífera; fijar las bases científicas y metodológicas para la realización de las tareas de restauración que se quieran emprender y elaborar un estudio económico de carácter general que evalúe la magnitud del problema (CIUDEN).

Este proyecto forma parte de dicho Plan Director, en el cual se trata de fijar un protocolo de actuación en cuanto a la revegetación de las escombreras. En este proceso, las poblaciones afectadas por las perturbaciones de la minería tienen una participación activa en la toma de decisiones y en la ejecución de las mismas. Asimismo, está programada la creación de un vivero en la comarca en el que se almacenarán y cultivarán las plantas que se hayan seleccionado para la revegetación. Éste será construido y gestionado por las poblaciones locales que llevarán a cabo todas las tareas relacionadas.

La creación de una cubierta vegetal, en la totalidad o en parte de su superficie, es un tratamiento generalmente inevitable en la recuperación de este tipo de espacios degradados (Gómez, 2004). Con demasiada frecuencia se encuentran casos de revegetación con un escaso éxito, sobre todo a largo plazo (Sabre *et al.*, 1996; D'Antonio y Meyerson, 2002; Tormo *et al.* 2007). Las especies nativas o autóctonas son las más propicias para su uso en revegetación, ya que suelen presentar ventajas ambientales frente a las alóctonas, en cuanto a su integración en el paisaje, facilidad de mantenimiento y resistencia a plagas y enfermedades (Martínez y Fernández, 2001; Gómez, 2004).

Es por tanto necesario un análisis previo de la vegetación y la flora del área de estudio (SER, 2004), así como una selección de aquellas especies que puedan ser candidatas para su crecimiento en vivero y posterior introducción en las zonas afectadas por la minería.

Objetivos

El objetivo general que se plantea en este trabajo es establecer una comunidad vegetal estable y autosuficiente que estabilice y proteja el suelo, enmascarando las estructuras resultantes de la minería en el paisaje. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las comunidades vegetales en zonas representativas de la variabilidad espacial (con áreas testigo sin alteraciones antrópicas y zonas alteradas por la actividad minera).
- Seleccionar especies autóctonas para su posterior cultivo en vivero y revegetación de las áreas alteradas.
- Cartografiar la vegetación de la cuenca superior del río Rodrigatos con información sobre las asociaciones vegetales y estructuras mineras.

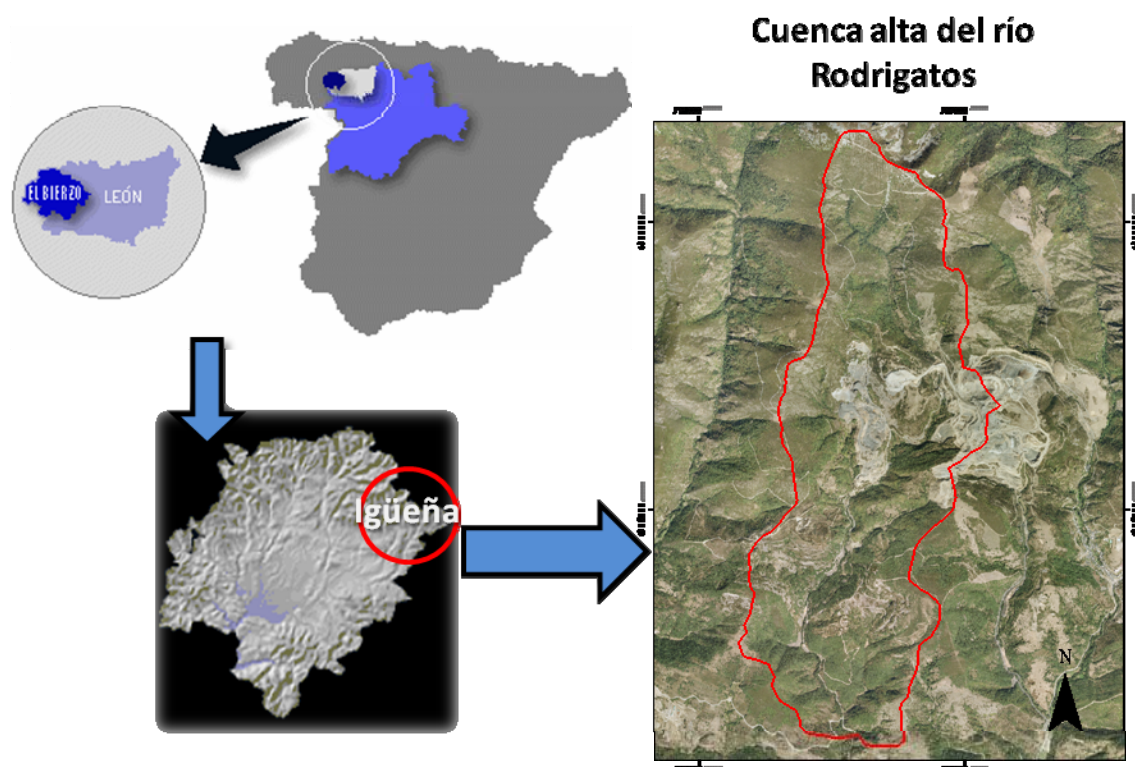
Materiales y métodos

Zona de estudio

La comarca de El Bierzo se sitúa al Noroeste de la provincia de León y ocupa aproximadamente 290.000 ha de extensión. Geográficamente, limita al Este y al Sur con otras comarcas leonesas, al Norte con Asturias y al Oeste con Galicia.

La zona de estudio es la cuenca superior del río Rodrigatos, por tratarse de un escenario modelo que recoge la variedad de situaciones que se suelen dar en este tipo de zonas mineras. Está ubicada en el sector oriental de la cuenca carbonífera de El Bierzo y pertenece en su conjunto al término municipal de Igüeña. Limita hacia el occidente con el valle del río Boeza y hacia oriente con el del río Tremor. Al sur del valle se encuentra la población de Rodrigatos de las Regueras. En el transcurso de la cuenca superior no se localizan núcleos urbanos (Fig. 2).

Figura 2. Situación geográfica de la zona de estudio.

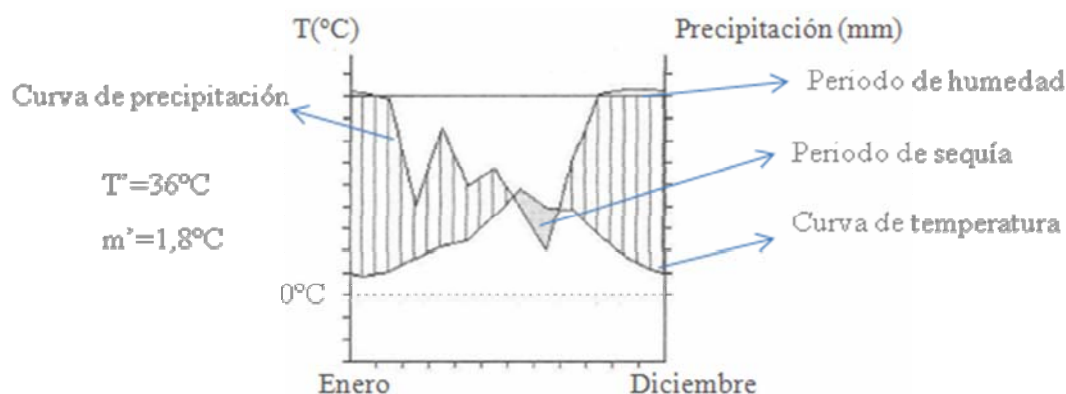


La presencia de la Cordillera Cantábrica al norte de El Bierzo afecta al clima a escala regional. El rango de altitudes de la zona de estudio varía entre los 940 y 1150 m aproximadamente y las diferencias climáticas están gobernadas por la variación altitudinal. En general, muestra rasgos más propios del clima mediterráneo con precipitaciones de 1100 mm, una temperatura media anual de 9,9 °C y heladas frecuentes. La estación meteorológica de la que se disponían más datos de precipitación y temperatura era la de Fabero (León), que se encuentra en las proximidades del valle del río Rodrigatos (Fig. 3).

En cuanto a vegetación, está también muy condicionada por la barrera montañosa que delimita la comarca. Según la tipología biogeográfica de Rivas Martínez (1987), la comarca pertenece a la Región Mediterránea de la península Ibérica y está encuadrada en la provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, sector Berciano-Ancarense. La cuenca carbonífera está situada dentro del piso bioclimático supramediterráneo, cuya vegetación potencial corresponde mayoritariamente a la serie *Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae* S. Sin embargo, la intervención del hombre sobre la zona ha provocando alteraciones significativas sobre la vegetación.

La cuenca carbonífera de El Bierzo se localiza sobre materiales estefanienses hercínicos, situados de forma discontinua sobre materiales preorogénicos como las pizarras y areniscas ordovícicas y silúricas, y otros materiales en los que alternan pizarras y cuarcitas. Estos a su vez están cubiertos discordantemente por los materiales postorogénicos, terciarios y cuaternarios de la misma cuenca (Mejuto, 2008). En la mayoría de los casos, los suelos son azonales con escaso desarrollo, debido a que suelen aparecer asociados a regiones montañosas, donde el relieve condiciona y limita la aparición de suelos evolucionados. Se pueden reconocer dos tipos principales de suelos en la zona de estudio, según la clasificación de la FAO (2006): los leptosoles, desarrollados en zonas de laderas y los fluvisoles, por donde discurre el cauce del río.

Figura 3. Diagrama bioclimático de Fabero (León). La escala de temperaturas avanza cada 5°C. En las precipitaciones, cada segmento representa 10mm. T'= temperatura media mensual de las máximas absolutas del mes más cálido; m'= temperatura media mensual de las mínimas absolutas del mes más frío. Modificado de Del Río (2005).



Metodología

1. Cartografiado de las unidades de paisaje.

En la zona de estudio se reconocen diferentes unidades de paisaje (Mejuto, et al., 2008) que recogen los posibles escenarios de la cuenca. Entre estas unidades aparecen estructuras asociadas a la minería de menor o mayor tamaño. Para la elaboración de la cartografía vegetal se emplearon las ortofotos de la zona de estudio de los vuelos de los años 2004 y 2008, disponibles en el Sistema de Información Territorial de Castilla y León (SITCyL, 2009), a escala 1:5000 y con el programa ArcGis 9.0, se desarrolló un sistema de información geográfico (SIG). Se unieron las ortofotos, y se georreferenciaron. Se digitalizó el perímetro del área de estudio (la cuenca del Río Rodrigatos) y se introdujeron los puntos de muestreo obtenidos en campo con un Sistema de GPS. Para todas las capas se emplearon las mismas coordenadas UTM, pertenecientes al huso 29, y siguiendo el Sistema de Referencia Europeo (ETRS89).

Se procedió de este modo a digitalizar en pantalla los polígonos que delimitan los distintos tipos de vegetación y estructuras mineras distinguibles. El disponer de ortofotos de dos años distintos sirvió de ayuda a la hora de reconocer y delimitar las unidades de paisaje cuando existieron dudas en la interpretación de estas.

2. Análisis de las comunidades vegetales.

Para el análisis de las comunidades vegetales, se tuvieron en cuenta publicaciones previas sobre vegetación y flora en zonas de estudio próximas a la comarca del Bierzo (Puentes, 1988; Llamas, 1984; Izco *et al.*, 1986; Pulido, en prensa), así como otras obras más generales en el ámbito de Castilla y León (Penas *et al.*, 1985; Penas *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 1990; Del Río, 2005) y de España (Penas y Díaz, 1985; Díaz y Penas, 1987; Rivas-Martínez, 1988; Penas *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 1989). A partir del conocimiento de las series de vegetación registradas en estas obras se efectuó un análisis de las comunidades vegetales presentes en el área de estudio para evaluar su semejanza con los inventarios publicados en las zonas aledañas. Se realizaron muestreos de campo entre los meses de mayo y julio coincidiendo con el periodo de floración del mayor número posible de especies.

El método empleado es el fitosociológico de la escuela sigmatista de Braun-Blanquet (1979), basado en la toma de inventarios de especies en parcelas ecológicamente homogéneas. Se consideró principalmente el tercio inferior del área de estudio por la presencia de espacios alterados por la actividad minera susceptibles de ser revegetados, ya que en el tercio superior aún persiste dicha actividad. Se tuvieron en cuenta aquellos taxones considerados característicos, así como las especies compañeras y diferenciales que mostraban abundancia en la zona de estudio. En estos inventarios se consideraron los índices de abundancia-dominancia. El índice de sociabilidad no lo tuvimos en cuenta por mostrar información redundante con respecto al índice de abundancia-dominancia (Fernández, 1991). Se realizaron inventarios de cada una de las asociaciones encontradas para confirmar la caracterización de las unidades paisajísticas susceptibles de ser revegetadas en el valle del río Rodrigatos. El tamaño de las parcelas se realizó en consonancia con la unidad paisajística a estudiar y se anotaron la orientación y la altitud así como las coordenadas UTM mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En los casos en los que los taxones no pudieron ser reconocidos en el campo, se herborizaron muestras de las diferentes especies, siguiendo las pautas de recolección, prensado y secado de Forman y Bridson (1989). Los materiales se encuentran en el herbario del departamento de Botánica de la Universidad Autónoma de Madrid. Para la determinación de las especies se tomó como obra de referencia *Flora Ibérica* (Castroviejo *et al.*, 1986-2007), para las familias

ya publicadas, y *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1980) para el resto de las familias, así como las *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes* (Aizpuru *et al.*, 1999) y *Grasses* (Hubbard, 1984).

3. Selección de especies

Una vez definidas las unidades de vegetación y reconocidas las especies representativas, se procedió a la elección de especies para revegetación, teniendo en cuenta factores ambientales (clima, suelo, relaciones con otras especies, etc.), ubicación del área degradada y objetivo de la restauración. Siguiendo el esquema metodológico de Seoáñez (1998), se realizó una preselección, eliminando aquellas que por sus características climáticas, edáficas, etc., eran claramente incompatibles. Posteriormente se valoraron las especies en función de su adecuación al medio y a los objetivos.

A la hora de seleccionar las especies a utilizar en la revegetación se han tenido en cuenta los siguientes criterios: Por un lado el **clima** (Gómez, 2004). El valle del Rodrigatos se encuentra en el piso bioclimático supramediterráneo, coincidiendo su vegetación potencial con la de la serie *Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae* S. principalmente. Tiene características eurosiberianas combinadas con otras de tipo mediterráneo por la influencia de la barrera montañosa que rodea la comarca.

Es deseable que las especies a emplear sean de amplia **distribución** y **plasticidad**, que les permita adaptarse a condiciones ambientales cambiantes, además de ser características de las unidades de vegetación que correspondan a cada zona de actuación anteriormente mencionadas (Gómez, 2004).

Otro criterio a tener en cuenta es la **interacción biótica con otras especies**, especialmente aquellas de rápido crecimiento y gran tamaño y propagación que puedan suponer una fuerte competencia por agua, luz y nutrientes (Pyke y Archer, 1991)

Por otro lado, se seleccionaron tan solo especies que se encuentren de forma natural en el área de estudio, de manera que las semillas puedan ser recogidas en las zonas aledañas y cultivadas en el futuro vivero del proyecto (Bochet, 2004). Además se han tenido en cuenta las **experiencias de revegetación** documentadas que existen con cada especie.

Sin duda, uno de los factores que afecta en mayor medida al éxito en la revegetación, son la **pendiente** y la **materia orgánica** existente en el suelo (Wilson *et al.*, 1996; Gómez, 2004).

En muchos casos tendrán que llevarse a cabo enmiendas antes de la implantación de un sustrato herbáceo (Gil-Sotres et al., 2002), y las características pedregosas y escarpadas de las escombreras determinarán el orden de introducción de especies. Además será necesaria la elección de especies de raíces con gran capacidad de enraizamiento y sujeción (Guerrero y Monserrat, 1999; Bochet, 2004).

Resultados

Tras verificar las composiciones de las distintas formaciones con los muestreos realizados, los inventarios previos de zonas aledañas y con la ayuda de las ortofotos para delimitar el área que ocupan, se diferenciaron siete unidades paisajísticas en la cuenca del río Rodrigatos: aliseda, saucedá, melojar, prado, brezal, piornal y estructuras procedentes del abandono de las actividades mineras (Anexo I).

Análisis de las comunidades vegetales.

Entre las distintas formaciones encontramos:

a. Formaciones edafohigrófilas, como las series de las alisedas, las saucedas y sus etapas de sustitución.

a.1 ***Galio broteriani-Alnetum glutinosae***. Rivas Martínez *et al.*, 1986.

En la zona de estudio, se ubica en márgenes de cursos fluviales que no llegan a desecarse totalmente durante el periodo estival (Anexo I). Se aleja del prototipo de aliseda que se da normalmente en los ríos de las proximidades, que suelen ser de mayor cauce y las formaciones algo más densas. Entre las especies más características de esta formación, encontramos *Alnus glutinosa* L., *Carex acuta* subsp. *reuteriana* (Boiss.) Luceño y Aedo, *Carex paniculata* subsp. *lusitánica* y *Equisetum telmateia* Ehrh. En su sotobosque aparecen *Geum urbanum* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) Woytar y *Juncus articulatus* L. (Tabla 1)

a. 2 ***Geranio robertiani-Caryolophetum sempervirentis***. Izco *et al.*, 1986.

Esta formación ribereña de herbáceas vivaces, se desarrolla en los lugares próximos al curso de agua a la sombra de la aliseda, de la cual constituye su etapa degradada. Su ubicación coincide con la de las alisedas (Anexo I). Son características especies como *Pentaglottis sempervirens*, *Geranium robertianum*, *Fragaria vesca*, *Omphalodes nitida*, *Teucrium scorodonia* y *Polystichum setiferum* (Tabla 2).

a.3 ***Salicetum purpureo-salvifoliae***. Tuxén y Oberdorfer, 1958

Forma parte de la serie de las saucedas (*Salico savifoliae* S.). En la zona de estudio ocupa una banda estrecha en la zona donde prácticamente desaparece el río (Anexo I). Está bastante degradada, especialmente en las zonas en las que aún persiste la actividad minera. Las

especies más características son *Salix salviifolia* Brot., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Salix atrocinerea* Brot. y *Populus nigra* L. En las zonas algo más húmedas aparecen las leguminosas *Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L., y en el mismo cauce del río, *Equisetum telmateia* (Tabla 3).

a.4 *Rubio ulmifolii-Rosetum corymbiferae*. Tuxén y Oberdorfer, 1958.

Se suele presentar como etapa de sustitución de la aliseda y de la saucedá, pero en el área de estudio únicamente la hemos encontrado en la segunda (Anexo I). Aparece en zonas degradadas como consecuencia del pastoreo y otras alteraciones y está caracterizada por la presencia de *Rubus* sp., *Rosa* sp., *Tamus communis* L. y *Rubia peregrina* L.

b. Formación climatófila del melojar, con sus diversas etapas de sustitución (matorral de leguminosas, brezal y prados).

b.1 *Genisto falcatae-Quercetum pyrenaicae*. Penas y Díaz, 1985.

Este melojar pertenece a la serie supramediterránea salmantino, orensano-sanabriense y leonesa subhúmeda. En la zona de estudio se extiende por la baja montaña (Anexo I). La formación madura es un melojar de *Quercus pyrenaica* Willd. con individuos de talla media, presentándose principalmente en las laderas de umbría. Tiene como especies características *Quercus pyrenaica*, *Festuca elegans* Boiss., *Cytisus scoparius* L., *Genista florida* L. y *Erica arborea* L., entre otras. En situaciones de sotobosque más cerrado, aparecen numerosas herbáceas como *Helleborus foetidus* L., *Silene nutans* L., *Lonicera periclymenum* L., *Viola riviniana* Reichenb., *Mercurialis perennis* L., *Physospermum cornubiense* L., varias especies de *Trifolium* sp. y *Rubus castroviejoii* Mon.-Huelin (Tabla 4).

b.2 *Holcus mollis-Quercetum pyrenaicae*. Braun-Blanquet et al., 1956.

A mayor altitud se encontraría esta formación de melojar, pero debido a procesos de degradación, en su lugar se hallan las formaciones de brezal (Anexo I). Estos melojares orensano-sanabrienses húmedos estarían dominados por *Quercus pyrenaica* y caracterizados por presentar en su estrato herbáceo especies como *Luzula forsteri* (Sm.) DC., *Holcus mollis* L., *Ajuga occidentalis* Br.Bl., *Viola riviniana* y *Physospermum cornubiense* (L.) DC.

b.3 *Cytiso scoparii-Genistetum polygaliphyllae*. Rivas-Martínez et al., 1984

Formando las orlas naturales o primeras etapas de sustitución de los bosques de roble melojo se encuentra esta asociación de piornales. Son frecuentes en viejas escombreras, en algunos casos fruto de restauraciones llevadas a cabo en el pasado (Anexo I). Se caracteriza por especies como *Cytisus scoparius* L. y *Genista florida* L. subsp. *polygaliphylla* (Brot.) P. En las zonas muestreadas cabe destacar la presencia de especies como *Rumex induratus* Boiss y Reuter, *Erysimum linifolium* (Pourr. Ex Pers.) J. Gay, *Agrostis stolonifera* L., *Anarrhinum bellidifolium* (L.) Willd., *Arenaria montana* L., *Hypericum perforatum* L., *Jasione montana* L. y *Dactylis glomerata* L. (Tabla 5).

b.4 *Pterosparto lasianthi-Ericetum aragonensis*. Rothmaler, 1954.

En los casos en los que se ha producido una mayor degradación del melojar aparecen estos brezales que se encuentran fuera de las zonas de actuación de restauración (Anexo I). En este tipo de formación predominarían el brezo rojo (*Erica australis* L.), la carqueixa (*Pterospartum tridentatum* (L.) Willk.) y como acompañantes *Erica cinérea* L., *Erica umbellata* Loebl. ex L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull y *Halimium lasianthum* (Lam.) Spach subsp. *alyssoides* Greuter, entre otros.

b.5 *Genistello tridentatae-Ericetum cinereae*. Rothmaler 1954 em. R.Tx. in R. Tx. y Oberd. 1958.

Cuando los suelos son menos profundos, los matorrales presentan modalidades intermedias entre los de los melojares húmedos situados a mayor altitud y la de la vegetación situada en zonas más secas. Entre ellos están los nanobrezales, con *Pterospartum tridentatum*, *Erica cinerea* y *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*. En la cartografía no se aprecian las diferencias entre este tipo de brezal y el anterior (Anexo I).

b.6 *Malvo moschatae-Arrhenatheretum bulbosi*. Tüxen y Oberdorfer, 1958.

Estos prados de siega mesofíticos forman parte de las etapas de sustitución de los melojares y en la zona de estudio suelen estar próximos a las zonas húmedas de las formaciones riparias (Anexo I). Se trata de prados densos constituidos por numerosas especies pratenses, sobre todo gramíneas, leguminosas y compuestas que son aprovechados por el ganado. Entre las especies características de la asociación están *Poa trivialis*, *Malva moschata* L., *Trifolium*

repens, *Trifolium pratense*, *Trifolium arvense*, *Trifolium glomeratum*, *Achillea millefolium* L. y otras características como *Bromus hordeaceus* L. (Tabla 4).

Elección de especies.

A partir de los criterios de abundancia y comportamiento de la especie en las formaciones del área de estudio, teniendo en cuenta biotipos de plantas perennes, desde herbáceas bianuales a leñosas y la capacidad de proteger, fijar y enriquecer el suelo, se seleccionaron las especies que se proponen para la revegetación.

Especies de las formaciones edafohigrófilas.

Galio broteriani-Alnetum glutinosae. Rivas Martínez et al., 1986

- *Carex paniculata* subsp. *lusitanica* (Schkuhr ex Willd.) Maire
- *Carex elata* subsp. *reuteriana* (Boiss.) Luceño y Aedo
- *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

Salicetum purpureo-salvifoliae. Tuxén y Oberdorfer, 1958

- *Salix atrocinerea* Brot.
- *Salix salviifolia* Brot.
- *Betula pendula* Roth.

Especies de las formaciones climatófilas y etapas de sustitución.

Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae Penas y Díaz, 1985.

- *Dactylis glomerata* L.
- *Trifolium* sp.
- *Bromus hordeaceus* L.
- *Festuca elegans* Boiss.
- *Digitalis purpurea* L.
- *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl y C. Presl var. *bulbosum* (Willd.) Spenner
- *Prunus avium* L.
- *Quercus pyrenaica* Willd.

Cytiso scoparii-Genistetum polygaliphyllae. Rivas-Martínez et al., 1984.

- *Cytisus scoparius* L.
- *Genista florida* L.
- *Genista falcata* Brot.
- *Rumex induratus* Boiss y Reuter
- *Erysimum linifolium* (Pourr. Ex Pers.) J. Gay

- *Digitalis purpurea* L.
- *Dactylis glomerata* L.
- *Cytisus multiflorus*(L'Hér.)Sweet

Malvo moschatae-Arrhenatheretum bulbosi. Tüxen y Oberdorfer 1958.

- *Poa trivialis* L.
- *Trifolium repens* L.
- *Trifolium pratense* L.
- *Trifolium arvense* L.
- *Trifolium glomeratum* L.
- *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl y C. Presl var. *bulbosum* (Willd.)
Spenner
- *Ranunculus acris* L.

Discusión

En las estructuras mineras del valle del río Rodrigatos, abandonadas con anterioridad a la ley de minas de los años 80, no se aprecia apenas evolución, hasta día de hoy, en la cubierta vegetal. Aunque algunos autores apuntan a la posibilidad de una revegetación por sucesión natural a partir de la dispersión de semillas de las zonas colindantes (Prach y Pysek, 2001), los suelos de las escombreras mineras son tan estériles que se hacen necesarias actuaciones para la creación de suelo que mejoren las condiciones físicas y químicas (Bradshaw, 1983, Gil-Sotres et al., 2002). Por esta razón, en nuestra propuesta se incluyen enmiendas que acelerarán el proceso de formación del suelo, como la aplicación de materia orgánica.

La utilización de especies nativas, frente a las comúnmente utilizadas en revegetación y restauración de zonas degradadas, está recomendada por múltiples estudios (Sabre *et al.*, 1996; D'Antonio y Meyerson, 2002; Tormo *et al.* 2007), en los que se tiene en cuenta diferentes criterios como, el control de la erosión, su valor ecológico y estético así como la reducción de costes que a largo plazo conllevan estas actuaciones. Debido a esto, se propone el empleo de plantas autóctonas de la zona de la cuenca del río Rodrigatos para su revegetación. Esta opción tiene como limitante la escasa existencia de banco de semillas de la zona a restaurar, así como su disponibilidad comercial (Balaguer, 2002). Por ello, la creación del vivero se considera de gran utilidad para el suministro de semillas destinadas a tareas de restauración de la cuenca minera.

Entre las de herbáceas que se recomiendan utilizar en la primera fase, se encuentra la especie *Dactylis glomerata* L., muy frecuente en suelos degradados. Resulta de interés por su **capacidad encespedante** que ayuda a fijar la cubierta edáfica y por su empleo habitual en labores de revegetación (Pastor y Hernández, 2002). Además posee una amplia valencia ecológica, tanto climática como edáfica y se suelen emplear mezclas con otras especies de leguminosas herbáceas del género *Trifolium* (San Miguel, 2007), muy interesantes por su capacidad para **fijar nitrógeno** (Pastor y Hernández, 2002), además de otras especies de la formación del pastizal (*Malvo moschatae-Arrhenatheretum bulbosi*) que irán colonizando naturalmente la zona o estarán presentes en la mezcla de semillas que se aplicarán en las enmiendas del primer año provenientes del trillado de prados de las inmediaciones.

Es también habitual el empleo de especies como *Bromus hordeaceus* L. en ecosistemas degradados y contaminados por metales pesados, por poseer además **éxito en la germinación**, tolerancia a heladas tempranas, elevada producción y dispersión de semilla y un hábito de crecimiento que favorece la protección del suelo (Pastor y Hernández, 2002).

En la propuesta de especies para revegetación que aquí se presenta, se dan algunas que no se emplean de manera comercial en vivero para su uso en restauración, por lo que se carece de información sobre su forma de cultivo y hará falta un estudio posterior más detallado para evaluar el grado de éxito para este fin. Por ejemplo, especies como *Festuca elegans* Boiss. que, a pesar de ser muy común, está contemplada como especie de importancia comunitaria, incluida en la Directiva Hábitat (Directiva 92/43/CEE). Sin embargo, posee una raíz fasciculada que contribuye a la **fijación de una gran cantidad de suelo**. Por esta razón, puede ser una especie adecuada para revegetación ya que es muy **pionera**, encespedante, soporta muy bien los fuegos, y se encuentra ya de manera natural en escombreras incluidas aquellas de gran pendiente y en los sistemas de referencia situados en el entorno. Esto mismo ocurre con *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*, gramínea que aún no siendo su uso habitual en programas de revegetación, suponemos progresará con facilidad debido a su elevada presencia en la zona (San Miguel, 2007).

Por otro lado, *Digitalis purpurea* L. es una especie de desarrollo bianual que aún teniendo un escaso enraizamiento y no encespedar, es muy abundante en todo el valle produciendo un gran número de semillas que **germinan con facilidad** (Sletvold, 2002), razón por la que incluye entre las especies candidatas. Otras variedades de esta especie son muy apreciadas como planta ornamental. Se desconoce, sin embargo, su uso en prácticas de revegetación, por lo que es necesario el seguimiento y evaluación de su grado de éxito para este fin.

Las formaciones de matorrales como *Cytisus scoparius* L., *Cytisus multiflorus*, *Genista florida* L. y *Genista falcata* Brot., forman parte de la orla del melojar y son importantes desde el punto de vista de la recuperación ecológica. Intervienen en aspectos tales como la fijación y el enriquecimiento del suelo, tienen función ornamental, paisajística, etc. Estas leguminosas realizan una asociación simbiótica con bacterias de los géneros *Rhizobium*, en nódulos radiculares que les permite fijar nitrógeno, y por lo tanto ayudan en la rehabilitación de suelos degradados (Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2003). Realizan un gran esfuerzo reproductor en la generación de flores y frutos (Grime, 1981) y la dehiscencia explosiva de las semillas permite su **dispersión** a distancias considerables (Moreno *et al.*, 1992), por lo que se difundirán por la

zona con facilidad. Una ventaja es que se desarrollan mejor en suelos removidos y bien aireados y no precisan sustratos ricos para establecerse (Perez *et al.*, 1994), lo que las convierte en especies idóneas para los proyectos de revegetación (Martínez *et al.*, 1996). Además, éstas germinan satisfactoriamente tras un sencillo procesamiento antes de plantarlas, son fáciles de cultivar en vivero (Mamán *et al.*, 2008), y actuarán como facilitadoras para la entrada de especies arbóreas como el melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.).

En general, la regeneración de las formaciones boscosas compuestas por *Quercus pyrenaica* están limitadas por varios factores. La especie se reproduce en su mayoría por rebrote puesto que la producción de semilla es escasa, dispersa y con unas altas tasas de predación (Gómez *et al.* 2003). Por este motivo, las revegetaciones se llevará a cabo a través de **plántulas cultivadas** en el vivero (Montoya, 1997) y tras haber introducido con anterioridad otras especies de tipo arbustivo que facilitan la instauración de *Quercus* (Castro *et al.*, 2006; Jordano *et al.*, 2002).

Prunus avium L. se encuentra normalmente diseminado en el territorio, en forma de árboles aislados, generalmente entre melojos. Se empleará por su **rápido crecimiento** (Gardiner *et al.*, 2004) y facilidad para la **reproducción vegetativa** a través de brotes de raíz (Frascaria *et al.*, 1993).

En las zonas de ribera, no se realizarán enmiendas en el terreno. Directamente, por su sencillez de cultivo y por sus raíces fasciculadas que ayudan a la fijación del suelo previniendo el efecto de las riadas, se introducirán las especies *Carex paniculata* subsp. *lusitanica* y *Carex elata* subsp. *reuteriana*., así como las especies arbóreas. Entre las especies de porte arbóreo de la aliseda, *Alnus glutinosa* es característica de la asociación. Es idónea para enriquecer este tipo de suelos pobres ya que posee la capacidad de fijación biológica de nitrógeno que ocurre en los nódulos radiculares en los que establece simbiosis con bacterias filamentosas (actinomicetes) del género *Frankia* (Ferrari y Wall, 2004). En las saucedas, *Salix atrocinerea* Brot. y *Salix salviifolia* Brot., poseen mecanismos fisiológicos que les permiten sobrevivir en entornos de ribera altamente perturbados, tales como una gran capacidad de enraizamiento, la reproducción vegetativa y una eficiente dispersión de abundantes semillas en primavera y comienzos del verano por aire y agua (Karrenberg *et al.*, 2002, Karrenberg *et al.*, 2003). Además, estas especies están adaptadas a las perturbaciones causadas por inundaciones regulares y su rápido crecimiento puede facilitar la supervivencia de otras plantas en el sitio a revegetar (Gardiner *et al.*, 2004; Twedt, 2006)

Betula pendula Roth. se trata de una especie que ocupa una posición prominente entre aquellas que se establecen de forma espontánea en sitios abandonados. Es de rápido crecimiento y prospera en gran variedad de ambientes, por lo que es idónea para restauraciones sin requerir grandes inversiones de dinero ni de tecnología (Prach y Pyšek, 1994).

Teniendo en cuenta las interacciones entre especies, el género *Lolium*, aparece en la bibliografía como una especie fuertemente invasora. Por ello, no se propone su cultivo en vivero, puesto que podría llegar a ser un obstáculo en las labores de revegetación (Taberner, 1996), ya que se establecerá de manera natural por su gran capacidad para colonizar espacios alterados.

Se prescindirá, asimismo, de las especies de la formación de los brezales (*Pterosparto lasianthi-Ericetum aragonensis* y *Genistello tridentatae-Ericetum cinereae*), por representar una etapa avanzada en la degradación del melojar, además de por su carácter invasor (Rivas-Martínez, 1971). Igualmente, se dejarán fuera de la selección las especies pertenecientes a las etapas de sustitución de las formaciones de ribera (*Rubus ulmifolii-Rosetum corymbiferae* y *Geranio robertiani-Caryolophetum sempervirentis*) por no favorecer el desarrollo de la aliseda ni saucedas, debido a su carácter invasor impidiendo la germinación de otras semillas propias de las comunidades de interés.

Tampoco se tendrán en cuenta especies de la formación *Holcus mollis-Quercetum pyrenaicae*, (salvo aquellas que se encuentren también en alguna de las series de interés), ya que su emplazamiento está siendo ocupado por los brezales en este valle.

En general, las herbáceas se emplearán en escombreras con pendientes poco acusadas, mientras que si son fuertes, se utilizarán especies como *Rumex induratus*, *Digitalis purpurea*, *Erysimum linifolium* y *Festuca elegans*, más adaptadas a esas condiciones. Posteriormente se incluirían las especies de matorral, para en última instancia, introducir las especies arbóreas. En el caso de las formaciones de ribera, se introducirán directamente las especies arbóreas junto con los *Carex*.

Somos conscientes de las limitaciones del estudio ya que, las condiciones actuales del ecosistema dependen de la relación histórica entre naturaleza y sociedad y queda totalmente descartado llevar el ecosistema a su estado original (Balaguer, 2002). Sin embargo, se pueden alcanzar otras trayectorias deseables, sobre todo, en cuanto a la integración en el paisaje de las

estructuras mineras y la formación de comunidades vegetales con especies autóctonas (Aronson, 2007), desde una visión ecosistémica que implique la recuperación de las condiciones ecológicas que garantizan la recuperación de la composición, estructura y función del ecosistema y que garanticen los servicios ambientales (Gómez, 1994).

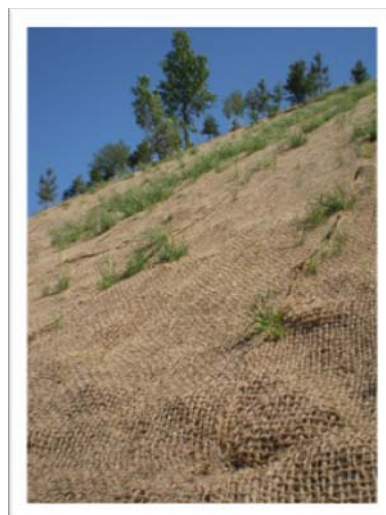
Propuesta de revegetación

El plan de recuperación de escombreras comprendería cuatro fases anuales de actuación que serían homólogas a las que se están llevando a cabo en Tremor de Arriba (CIUDEN). El primer año se deben estabilizar laderas y aplicar materia orgánica (abono de oveja, vaca y gallina), *mulch* (paja gruesa) conteniendo las semillas de herbáceas de la zona (gramíneas y leguminosas). Por último, se cubre con biomantas (malla de fibra de coco) que actúan como sujeción del sistema creando unas condiciones óptimas de evolución (Fig. 4). El objetivo de esta primera fase es tapizar rápidamente el suelo, evitando la puesta en marcha de procesos erosivos, contribuyendo a obtener un equilibrio en la relación C/N, iniciando los procesos de edafización, favoreciendo la asociación suelo-vegetación y mejorando la calidad del agua de escorrentía. Se emplearán especies resistentes y frugales que serán recogidas en las zonas aledañas por trillado. Esta primera cubierta dará paso a comunidades pioneras que contribuirán a la formación de suelo. También se deben añadir especies de matorral incluidas en el banco de semillas o bien por plantones que ayudarán a la instalación de especies arbóreas en el futuro.

El segundo año se deben introducir ejemplares arbustivos y arbóreos previamente cultivados en el vivero y se realizará un muestreo de seguimiento y las labores oportunas de corrección. En el tercer año se incidirá sobre los mismos aspectos en función del comportamiento de la escombrera y se van añadiendo especies de porte arbóreo. En el cuarto año, correspondiente a la última fase, se lleva a cabo la corrección final y se continúa con la monitorización del sistema creado.

Se emplearán en cada escombrera a revegetar las semillas y plantones, principalmente de especies arbustivas y arbóreas, pertenecientes a aquella formación madura (ecosistema de referencia) a la que se encuentren más próximas. La recogida de semillas se llevará a cabo en las zonas no intervenidas dentro del área del proyecto, o en áreas de las comunidades vecinas y se multiplicarán dichas semillas colectadas a través del futuro vivero.

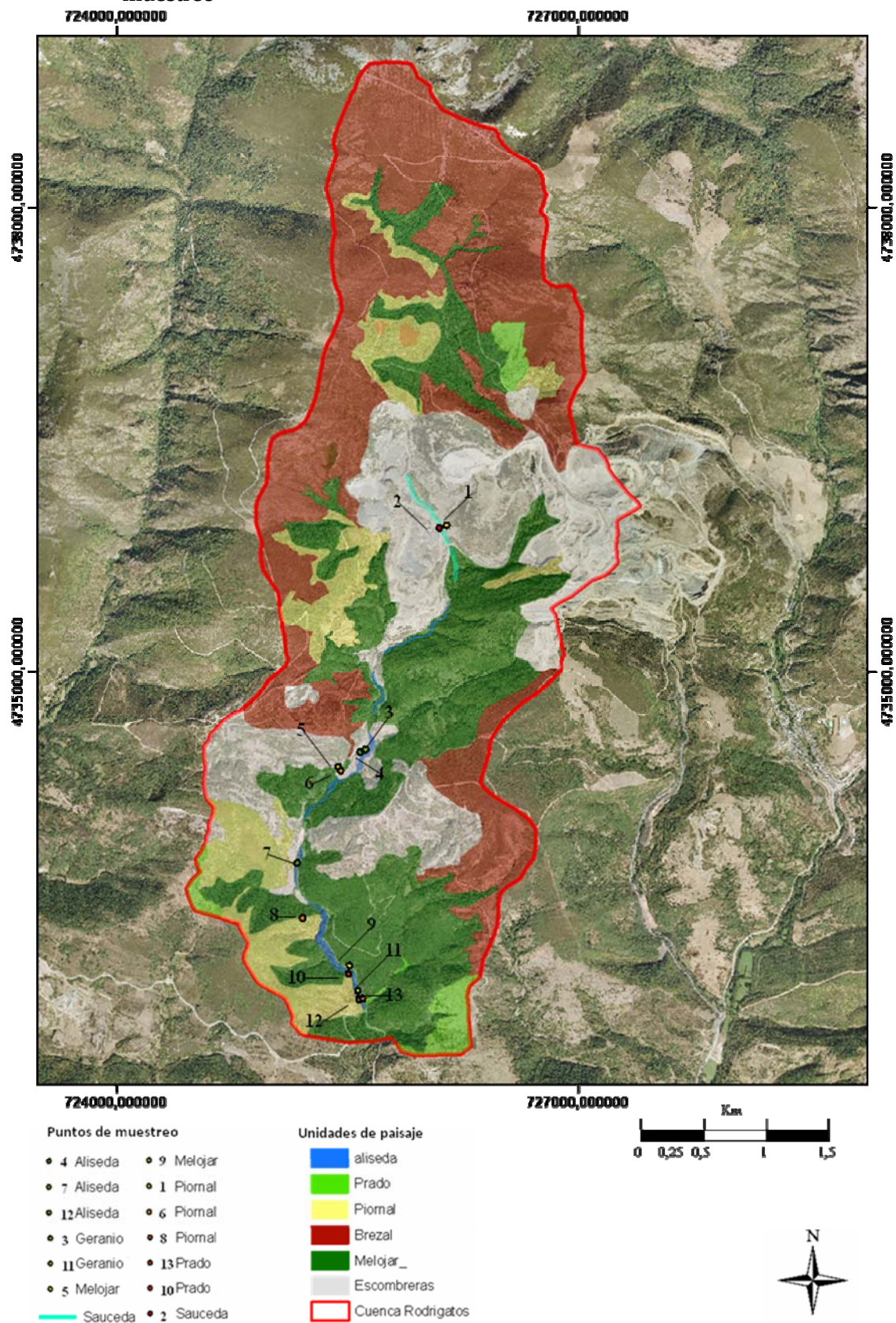
Figura 4. Biomanta de fibra de coco en escombrera de Tremor de Arriba



Conclusiones

- En la recuperación de escombreras mineras se hacen necesarias actuaciones previas a la revegetación para mejorar las condiciones físicas y químicas del medio. Esto incluye la aplicación de enmiendas que aceleren el proceso de formación del suelo, como la aplicación de materia orgánica, con el fin de favorecer la instauración de la vegetación.
- Para la restauración edafopaisajística se recomienda el uso de especies nativas dado que se obtienen mejores resultados por su adaptación al medio, un mayor valor ecológico y una mejor integración en el paisaje frente a otras especies comerciales usadas habitualmente.
- La pendiente es uno de los factores que más afecta al restablecimiento de la vegetación. Dado que la minería implica importantes modificaciones en la orografía, la selección de especies deberá tener en cuenta su capacidad para desarrollarse en zonas con pendientes acusadas.
- La creación de un vivero para el suministro de ejemplares para la revegetación se ha evidenciado como una necesidad. Debido a que el empleo de plantas autóctonas tiene como limitante la escasa existencia de banco de semillas de la zona a restaurar, así como, en muchos casos una baja disponibilidad comercial.
- Es esencial hacer un seguimiento y evaluación para comprobar si se han alcanzado los objetivos, y así realizar las correcciones oportunas a lo largo de la restauración ambiental. Especialmente, se deberá evaluar la idoneidad de las especies propuestas cuyo uso no es frecuente en revegetación y los cambios en el medio.

Anexo I. Mapa de la Cuenca del río Rodrigatos con las unidades paisajísticas y puntos de muestreo



Anexo II. Inventarios

Tabla 1. *Galio broteriani-Alnetum glutinosae*. Rivas Martínez et al., 1986

Núm. orden	1	2	3	4	5
Altitud (m)	1051	1050	985	800	460
Área (m ²)	10	10	10	200	100
Orientación	NE-SO	NE-SE	NO-SE	.	.
Núm. especies	11	4	11	6	6
Características de asociación y unidades superiores					
<i>Carex elata</i> subsp. <i>reuteriana</i>	2	3	.	3	1
<i>Alnus glutinosa</i>	5	.	4	3	3
<i>Carex paniculata</i> subsp. <i>lusitanica</i>	2	.	2	.	.
<i>Equisetum telmateia</i>	1	.	2	.	.
<i>Geum urbanum</i>	.	.	2	1	+
<i>Polystichum setiferum</i>	2	.	+	+	1
<i>Salix atrocinerea</i>	1	.	.	1	+
<i>Salix fragilis</i>	1	.	.	.	.
<i>Salix salviifolia</i>	1	.	.	.	.
<i>Poa trivialis</i>	.	.	1	.	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	1	.	.
<i>Lonicera periclymenum</i>	.	.	1	.	.
<i>Festuca arundinacea</i>	+	.	.	.	.
<i>Juncus articulatus</i>	+	.	.	.	.
<i>Mentha longifolia</i>	+	.	.	.	.
<i>Orlaya daucoides</i>	.	+	.	.	.
<i>Trifolium glomeratum</i>	.	+	.	.	.
<i>Vicia lutea</i>	.	+	.	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	+	.	.
<i>Meconopsis cambrica</i>	.	.	+	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	+	+	+
<i>Prunus spinosa</i>	.	.	.	.	.
<i>Rosa corymbifera</i>	.	.	.	+	+
<i>Rosa canina</i>	.	.	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	.	.	.	+	+
<i>Rubus ulmifolius</i>	.	.	.	.	.
<i>Rubus caesius</i>	.	.	.	1	1
<i>Liustrum vulgare</i>	.	.	.	.	.
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	.	.	.
<i>Ulmus minor</i>	.	.	.	.	+
<i>Cucubalus baccifer</i>	.	.	.	.	.
<i>Brionia cretica</i> subsp. <i>dioica</i>	.	.	.	.	.
<i>Populus nigra</i>	.	.	.	1	1
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	.	.

CONTINUACIÓN

Tabla 1. *Galio broteriani*-*Alnetum glutinosae*. Rivas Martínez *et al.*, 1986

<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	.
<i>Bromus sterilis</i>	.	.	.	.	.
<i>Vicia disperma</i>	.	.	.	.	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	.	.	.	.
<i>Cynoglossum officinale</i>	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus angustifolia</i>	.	.	.	2	2
<i>Circaea lutetiana</i>	.	.	.	.	1
<i>Solanum dulcamara</i>	.	.	.	.	+
<i>Bryonia cretica subsp. dioica</i>	.	.	.	.	+
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	.	.	1	2
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	1	1
<i>Clematis vitalba</i>	.	.	.	1	+
<i>Crepis lampsanoides</i>	.	.	.	1	1
<i>Stellaria holostea</i>	.	.	.	1	+
<i>Viola riviniana</i>	.	.	.	1	+
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	.	.	.	+	1
<i>Dryopteris affinis</i>	.	.	.	+	1
<i>Luzula henriquesii</i>	.	.	.	+	1
<i>Aquilegia dichroa</i>	.	.	.	+	+
<i>Prunus avium</i>	.	.	.	+	+
<i>Lonicera peryclimenum subsp. hispanica</i>	.	.	.	+	+
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	.	+	+
<i>Hedera helix</i>	.	.	.	+	+
Compañeras					
<i>Saponaria officinalis</i>	.	.	.	1	1
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	+	1
<i>Silene vulgaris</i>	.	.	.	+	+

1. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07255884734476)
2. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07251804733764)
3. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07255824732883)
4. Entre Boeza y Folgoroso de la Ribera (29TQH22) Díaz *et al.*, 1989
5. Pombriego, León (29TPG89) Díaz *et al.*, 1989

Tabla 2. *Geranio robertiani-Caryolophetum sempervirentis*. Izco et al., 1986.

Núm. orden	1	3	4	5	6	7
Altitud (m)	1051	985	60	90	85	67
Área (m ²)	10	1x10	15	10	8	10
Orientación	NE-SO	NO-SE	.	.	.	
Núm. especies	9	6	10	8	10	13
Características de asociación y unidades superiores						
<i>Geranium robertianum</i>	2	3	+	.	.	1
<i>Omphalodes nitida</i>	3	.	.	.	.	.
<i>Polystichum setiferum</i>	2	2	.	.	.	.
<i>Teucrium scorodonia</i>	2	.	.	.	.	.
<i>Pentaglotis sempervirens</i>	.	3	4	1	1	1
<i>Geranium lucidum</i>	.	.	.	+	2	1
<i>Chelidonium majue</i>	.	.	1	1	3	2
<i>Gallium aparine</i>	.	.	2	3	.	+
<i>Urtica dioica</i>	.	.	2	2	4	2
<i>Lamium maculatum</i>	.	.	+	+	1	2
<i>Rumex obtusifolius</i>	.	.	1	.	1	2
Compañeras						
<i>Briza minima</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia esula</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	2	2	.	.	.	.
<i>Mercurialis perennis</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Rumex angiocarpus</i>	.	.	.	.	.	.
<i>Arctium minus</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Potentilla erecta</i>	.	1	.	.	.	.
<i>Phleum pratense</i>	.	1	.	.	.	.
<i>Bromus sterilis</i>	.	.	2	+	2	+
<i>Rubus gr. Ulmifolius</i>	.	.	1	1	.	+
<i>Stellaria media</i>	.	.	.	.	1	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	.	.	1
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Stellaria holostea</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Poa annua</i>	.	.	+	.	1	.
<i>Veronica persica</i>	.	.	.	.	+	.

1. Rodrigatos de las Regueras, Igüeña, León (29TQH07255744732941)
2. Rodrigatos de las Regueras, Igüeña, León (29TQH07256244734494)
3. Folgoso, Caurel, Lugo (Izco et al., 1986)
4. Visuña, Caurel, Lugo (Izco et al., 1986)
5. Carbedo, Caurel, Lugo (Izco et al., 1986)
6. Santalla, Caurel, Lugo (Izco et al., 1986)

Tabla 3. *Salicetum purpureo-salviifoliae* . Tuxén y Oberdorfer, 1958

Núm. orden	1	2	3	4
Altitud (m)	1080	960	650	830
Área (m ²)	20	40	50	100
Orientación	.	.	.	.
Núm. especies	10	7	12	12
Características de asociación y unidades superiores				
<i>Salix salviifolia</i>	1	2	1	2
<i>Salix</i> × <i>secalliana</i> (<i>S. atrocinerea</i> × <i>S. salviifolia</i>)	.	.	+	2
<i>Salix</i> × <i>expectata</i> (<i>S. atrocinerea</i> × <i>S. cantabrica</i>)	.	2	.	.
<i>Salix triandra</i> subsp. <i>discolor</i>	.	2	4	.
<i>Salix purpurea</i> subsp. <i>lambertiana</i>	.	.	.	1
<i>Salix</i> × <i>multidentata</i> (<i>S. atrocinerea</i> × <i>S. triandra</i> subsp. <i>discolor</i>)	.	1	1	.
<i>Populus nigra</i>	2	.	1	1
<i>Alnus glutinosa</i>	+	2	1	1
<i>Salix atrocinerea</i>	3	2	+	+
<i>Salix neotricha</i>	.	.	2	2
<i>Fraxinus angustifolia</i>	.	+	.	+
Compañeras				
<i>Rumex conglomeratus</i>	.	.	.	+
<i>Epilobium hisutum</i>	.	.	1	1
<i>Phalaris arundinacea</i>	.	.	1	+
<i>Saponaria officinalis</i>	.	.	1	.
<i>Lycopus europaeus</i>	.	.	+	+
<i>Coronilla minima</i>	1	.	.	.
<i>Equisetum telmateia</i>	2	.	.	.
<i>Rubus castroviejoii</i>	1	.	.	.
<i>Trifolium pratense</i>	+	.	.	.
<i>Trifolium repens</i>	2	.	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	.	.	.	.
<i>Lotus castellanus</i>	.	.	.	.
<i>Poa pratense</i>	+	.	.	.

1. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07261034735929)
2. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH23) Díaz y Penas, 1987
3. Bembibre, Boeza, León (29TQH12) Díaz y Penas, 1987
4. San Justo de la Vega, León (29TQH40) Díaz y Penas, 1987

Tabla 4. *Genisto falcatae-Quercetum pyrenaicae*. Penas y Díaz, 1985.

Núm. orden	1	2	3	4	5
Altitud (m)	1083	1005	1230	1200	1100
Área (m2)	400	400	200	100	200
Orientación	N	S	N	N	.
Núm. especies	15	11	16	15	23
Características de asociación y unidades superiores					
<i>Quercus pyrenaica</i>	5	5	3	5	3
<i>Festuca elegans</i>	5	5	.	1	+
<i>Cytisus scoparius</i>	2	3	.	.	.
<i>Lithodora diffusa</i>	2	2	.	.	.
<i>Helleborus foetidus</i>	+	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	+	.	.	.	.
<i>Lonicera periclymenum</i>	1	.	.	.	.
<i>Genista falcata</i>	.	.	+	2	2
<i>Festuca heterophylla</i>	.	.	2	1	1
<i>Viola riviniana</i>	+	+	+	+	1
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	.	+	+	1
<i>Melampyrum pratense</i>	.	.	1	1	.
<i>Stellaria holostea</i>	.	.	1	.	1
<i>Physospermum cornubiense</i>	.	.	.	.	2
<i>Aquilegia dichroa</i>	.	.	.	.	1
<i>Omphalodes nitida</i>	.	.	.	.	1
<i>Narissus triandrus</i>	.	.	.	.	1
<i>Holcus mollis</i>	.	.	.	.	+
<i>Luzula fosteri</i>	.	.	+	.	.
<i>Ranunculus nigrescens</i>	.	.	+	.	.
<i>Erythronium dens-canis</i>	.	.	+	.	.
<i>Doronicum plantagineum</i>	.	.	.	+	.
<i>Prunella grandiflora</i>	.	.	.	+	.
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	.	.	.	1
<i>Geum sylvaticum</i>	.	.	.	.	1
<i>Potentilla montana</i>	.	.	.	.	1
<i>Hieracium sabaudum</i>	.	.	.	.	1
<i>Potentilla sterilis</i>	.	.	.	.	+
<i>Lathyrus niger</i>	.	.	.	.	1
<i>Tanacetum corymbosum</i>	.	.	.	.	+
Compañeras					
<i>Erica arborea</i>	1	1	+	1	1
<i>Genista florida</i>	.	1	+	1	.
<i>Malus sylvestris</i>	+	.	.	.	.
<i>Melampyrum pratense</i>	+	+	.	.	.

CONTINUACIÓN

Tabla 4. *Genisto falcatae-Quercetum pyrenaicae*. Penas y Díaz, 1985.

<i>Mercurialis perennis</i>	3	2	.	.	.
<i>Physospermum cornubiense</i>	1	+	.	.	.
<i>Rubus castroviejoi</i>	1	1	.	.	.
<i>Silene nutans</i>	1	.	.	.	.
<i>Cruciata glabra</i>	.	.	1	1	1
<i>Avenula marginatasubsp. Sulcata</i>	.	.	1	1	1
<i>Sedum fosteranum</i>	.	.	+	+	.
<i>Lotus corniculatus</i>	.	.	.	+	.
<i>Polygala microphylla</i>	.	.	+	.	+
<i>Nardus stricta</i>	.	.	.	.	.

1. Rodrigatos de las Regueras, Igüeña, León (29TQH07254464734381)
2. Rodrigatos de las Regueras, Igüeña, León (29TQH07255194733102)
3. Lucillo, León (29TQG29) Penas y Díaz, 1985
4. Santa Colombo de Somoza (León) (29TQH30) Penas y Díaz, 1985
5. Inmediaciones de Truchas (León) (29TOG18) Penas y Díaz, 1985

Tabla 5. *Cytiso scoparii-Genistetum polygaliphyllae*. Rivas-Martínez *et al.*, 1984.

Núm. orden	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (m)	1100	1060	1050	125	103	1150	1040	1020
Área (m ²)	50	50	50	100	50	80	100	100
Orientación	O-SO	S-SO	SO	SW	NE	SE	N	.
Núm. especies	18	3	16	17	13	9	6	6
Características de asociación y unidades superiores								
<i>Cytisus scoparius</i>	4	.	.	2	2	3	1	2
<i>Genista florida</i>	5	.	.	4	2	2	+	1
<i>Cytisus multiflorus</i>	1	.	.	.	.	1	3	2
<i>Orobancha rapum-genistae</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Erica arborea</i>	.	.	.	.	3	2	.	.
<i>Adenocarpus complicatus</i>	.	.	.	.	.	2	2	2
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	.	.	.	.	2	.	.
Diferenciales de subasociaciones								
<i>Festuca elegans</i>	.	.	1	.	.	.	.	.
Compañeras								
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Aira caryophylla</i>	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	2	.	2	.	.	.	.	.
<i>Arenaria montana</i>	1	.	+	+	1	+	.	.
<i>Betula pendula</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Corrigiola telephifolia</i>	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erysimum linifolium</i>	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Halimium lasianthum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	+	.	+	+	.	.	.	.
<i>Jasione montana</i>	1	.	1	+	.	.	.	.
<i>Filago lutescens</i>	.	1	1	.	.	.	.	.
<i>Populus nigra</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus pyrenaica</i>	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Rubus castroviejoi</i>	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Rumex angiocarpus</i>	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Rumex induratus</i>	1	+	+	.	.	.	.	.
<i>Silene dioica</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca arundinacea</i>	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Lolium perenne</i>	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Festuca rivas-martinezii</i>	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	.	3	.	.	.	.
<i>Festuca iberica</i>	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Hieracium pilosella</i>	.	.	.	1	.	.	.	.

CONTINUACIÓN

Tabla 5. *Cytiso scoparii-Genistetum polygaliphyllae*. Rivas-Martínez *et al.*, 1984.

<i>Silene vulgaris</i>	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Micropyrum tenellum</i>	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Campanula rapunculus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Sedum reflexum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Lotus corniculatus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Teucrium scorodonia</i>	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Festuca heterophylla</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Stellaria holostea</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Silene nutans</i>	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Veronica officinalis</i>	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Physospermum cornubiense</i>	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Narcissus triandrus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Thymus mastichina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Citrus psilosepalus</i>	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Pseudarrhenatherum longifolium</i>	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Hallimium umbellatum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Omphalodes nitida</i>	.	.	.	.	.	+	.	.

1. Rodrigatos de las Regueras, León (29TQH07261504735944)
2. Rodrigatos de las Regueras, León (29TQH07254634734356)
3. Rodrigatos de las Regueras, León (29TQH07252164733407)
4. Valdelugeros, León (30TUN06) López Pacheco (1988)
5. Montuerto, León (30TUN05) López Pacheco (1988)
6. Pinar de Tabuyo del Monte, León (29TQG28) Penas *et al.*, 1988
7. Quintana del Castillo, León (29TQH42) Penas *et al.*, 1988
8. Pantano de Villameca, León (29TQH42) Penas *et al.*, 1988

Tabla 6. *Malva moschatae-Arrhenatheretum bulbosi*. Tüxen y Oberdorfer, 1958.

Núm. orden	1	2	3	4	5	6
Altitud (m)	994	993	120	120	1150	1150
Área (m ²)	10	10	20	10	100	100
Orientación	O	S	.	.	.	.
Núm. especies	16	16	25	32	23	18
Características de asociación y unidades superiores						
<i>Achillea millefolium</i>	1	2	+	+	1	.
<i>Trifolium pratense</i>	.	4	+	+	2	2
<i>Trifolium repens</i>	1	3	.	+	.	.
<i>Hymenocarpus lotoides</i>	2	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus acris</i>	.	2	+	+	.	.
<i>Malva moschata</i>	1	.	1	+	3	3
<i>Poa trivialis</i>	2	3	1	+	.	.
<i>Tragopogon pratensis</i>	.	.	.	.	+	+
<i>Lathyrus pratensis</i>	.	.	+	1	.	+
<i>Galium verum</i>	.	.	1	.	.	.
<i>Crepis capillaris</i>	.	.	.	1	1	1
<i>Trifolium arvense</i>	2	.	.	.	.	.
<i>Prunella laciniata</i>	2	.	.	.	.	.
<i>Trifolium glomeratum</i>	.	2	.	.	.	.
<i>Pilosella</i> sp.	2	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	2	.	.	.	1	+
<i>Mentha rotundifolia</i>	.	2	.	.	.	.
<i>Centaurea nigra</i>	1	1	.	1	.	+
<i>Arrhenatherum elatius</i> subsp. <i>bulbosum</i>	.	.	3	5	2	3
<i>Briza media</i>	1	1	.	2	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	1	1	.	+	.	.
<i>Aira caryophyllea</i>	.	1	.	.	.	.
<i>Bellis perennis</i>	1	1	.	.	.	.
<i>Cerastium glomeratum</i>	1	1	1	+	.	.
<i>Mentha longifolia</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Phleum pratense</i>	.	1	.	.	.	.
<i>Sanguisorba minor</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Cynosurus cristatus</i>	.	1	1	1	1	+
<i>Dactylis glomerata</i>	.	1	1	1	.	.
<i>Polygonum bistorta</i>	.	.	+	2	.	.
<i>Rumex crispus</i>	.	.	1	+	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	.	+	+	.	.
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	.	.	.	+	+	.
<i>Carum carvi</i>	.	.	1	+	.	.
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	3	2	.	.
<i>Trisetum flavescens</i>	.	.	2	1	4	3

CONTINUACIÓN

Tabla 6. *Malvo moschatae-Arrhenatheretum bulbosi*. Tüxen y Oberdorfer, 1958.

<i>Rhinanthus minor</i>	.	.	1	1	1	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	.	.	1	+	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	.	.	+	1	+	.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Tragopogon pratense</i>	.	.	+	1	.	.
<i>Alopecurus pratensis</i>	.	.	+	+	.	.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	.	.	+	1	.
<i>Bromus mollis</i>	.	.	.	.	+	+
<i>Colchicum autumnale</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Crepis vesicaria</i> subsp. <i>haenseleri</i>	.	.	.	.	+	1
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	+	+
<i>Heracleum sphondylium</i> subsp. <i>pyrenaicum</i>	.	.	.	.	1	.
<i>Phleum pratense</i>	.	.	.	.	3	3
<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	.	.	.	.	2	1
<i>Polygala vulgaris</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Rumex acetosa</i>	.	.	.	.	+	.
Compañeras						
<i>Angelica major</i>	.	.	+	+	.	.
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	+	.	1	.
<i>Hypochoeris radicata</i>	.	.	.	+	+	.
<i>Pedicularis verticillata</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	3	1	+	.	.

1. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07256074732890)
2. Rodrigatos de las Regueras, Igüña, León (29TQH07255124733049)
3. Valdelugeros (30TUN06) López, 1988
4. Valdelugeros (30TUN06) López, 1989
5. Sena de Luna, León. Romero Rodriguez, 1983
6. Villafeliz de Babia, León. Romero Rodriguez, 1984

Bibliografía

- Aronson, J., Renison, D., Rangel-Ch., J.O., Levy-Tacher, S., Ovalle, C. y Del Pozo, A. 2007. Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. *Ecosistemas*. 16 (3): 15-24. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=499>
- Balaguer, L. 2002. Las limitaciones de la restauración de cubierta vegetal. *Ecosistemas*. 11 (1). <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=311>
- Bochet, E. y García-Fayos, P. 2004. Factors controlling vegetation establishment and water erosion on motorway slopes in Valencia, Spain. *Restoration Ecology*. 12 (2): 166-174.
- Bradshaw, A. D. 1983. The reconstruction of ecosystems. *J. Appl. Ecol.* 20: 1–17.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. *Blume*. Madrid.
- Castro, J., Zamora, R. y Hódar, J.A. 2006. Restoring Quercus pirenaica forests using pioneer shrubs as nurse plants. *Applied Vegetation Science* 9: 137-142.
- Castroviejo, S. 1986-2007. Flora ibérica, vols. I-VIII, X, XIV-XV, XXI. *Real Jardín Botánico, CSIC*. Madrid
- D'Antonio, C. y Meyerson, L.A. 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: A synthesis. *Restoration Ecology*. 10(4): 703-713.
- Díaz, T.E., Andrés, J., Llamas, F., Herrero, L. y Fernández, M.D. 1989. Datos sobre la vegetación de las olmedas y alisedas mediterráneas de la provincia de León (NW Esp.). En: *V Jornadas de Fitosociología y vegetación de riberas de agua dulce*. Universidad de la Laguna, Ser, Informes, 22. M.J.del Arco y W. Wildpret (Eds.) pp.177-198. La Laguna, Tenerife.
- Díaz, T.E., Penas, A. 1987. Estudio de las saucedas mediterráneas de la provincia de León. En: *V Jornadas de Fitosociología y vegetación de riberas de agua dulce*. Universidad de la Laguna, Ser, Informes, 22. M.J. del arco y W. Wildpret (Eds.) pp.87-119. La Laguna, Tenerife.
- Díaz, T.E., Penas, Á., López, M.J., Herrero, L., Pérez, C., Llamas, F. y Terrón, A. 1990. Caracterización edáfica de los herbazales nitrófilos vivaces y de las comunidades ruderal-viarias de la provincia de León (NW de España). *Studia Botanica*. 9: 41-48.
- Dobson, A.P., Bradshaw, A.D. y Baker, A.J.M. 1997. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology. *Science*. 277: 515-522.
- FAO, 2006. World reference base for soil resources 2006. *ISSS–ISRIC–FAO*. Roma.
- Fernández, F. 1991. La vegetación del Valle del Paular (sierra de Guadarrama, Madrid). *Lazaroa*. 12: 153-272.
- Ferrari, A.E. y Wall, L.G. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista Facultad Agronomía*. 105(2): 63-87.
- Forman, L. y Bridson, D. 1989. The herbarium handbook. *Royal Botanic Gardens, Kew*. London.
- Frascaria, N., Santi, F., Gouyon, P.H. 1993. Genetic differentiation within and among populations of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and wild cherry (*Prunus avium* L.). *Heredity*, 70 (5): 634-641.

- Gardiner, E.S., Stanturf, J.A., Schweitzer, C.J. 2004. An afforestation system for restoring bottomland hardwood forests: biomass accumulation of nuttall oak seedlings interplanted beneath eastern cottonwood. *Restoration Ecology* 12: 525–532
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C. y Leirós, M.C. 2002. Influencia de la fertilización orgánica sobre la evolución de las propiedades bioquímicas de estériles de minas de lignito. *Ecosistemas* 11(1) Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=309>
- Gómez Orea, D. 1994. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el medio físico. Publicaciones IGME. 238 pp. Madrid.
- Gómez, D. 2004. *Recuperación de espacios degradados*. Grupo Mundi-Prensa. Madrid. p. 583.
- Gómez, J.M., García, D. y Zamora, R. 2003. Impact of vertebrate acorn- and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest. *Forest Ecology and Management* 180: 125-134.
- Grime, J.P., Manson, G., Curtis, A.V., Rodman, J., Band, S.R., Mowforth, M.A.G., Neal, A.M., Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*. 69: 1017–1059.
- Guerrero, J. y Monserrat, G. 1999. Respuesta de las plantas y las comunidades vegetales a la erosión del suelo. *Quercus*. 164: 19-24.
- Hobbs, R. J. y Norton, D. A. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restor. Ecol.* 4: 93–110.
- Izco, J. Guitián, J. y Amigo, J. 1986. Datos sobre la vegetación herbácea del Caurel (Lugo). *Studia botánica*. 5: 71-84
- Jordano, P., Zamora, R., Marañón, T. y Arroyo, J. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas*. 11 (1). <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=312>
- Karrenberg, S., Edwards, P.J., Kollmann, J. 2002. The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. *Freshwater Biology* 47: 733–748
- Karrenberg, S., Blaser, S., Kollmann, J., Speck, T., Edwards, P.J. 2003. Root anchorage of saplings and cuttings of woody pioneer species in a riparian environment. *Functional Ecology* 17: 170–177
- Llamas, F. 1984. Flora y Maragatería (León). *Instituto Fray Bernardino de Sahagún. Excma. Diputación Provincial de León*. León
- López-Pacheco, M.J. 1988. *Flora y vegetación de las cuencas alta y media del río Curueño León*. s.l.: Diputación Provincial de León. Instituto fray Bernardino de Sahagún, ISBN: 84-505-7945-7
- Mamán, A., Puche, J., Redondo, Y. y Urbano, J. 2008. *Guía de cultivo de plantas forestales. 10 años de Vivero Escuela Río Guadarrama*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. pp. 352. Madrid.
- Martínez, C., Fernández, B., Gómez, J.M. 1996. Evaluación de Impacto Ambiental aplicada a las obras de infraestructura vial y minería a cielo abierto, en la unión Europea, España y La Rioja. *Zubía*. 8: 205–226.
- Mejuto, M. 2008. Caracterización y Estudio de Escenarios Edafopaisajísticos en Zonas Afectadas por las Actividades Mineras en la Comarca de El Bierzo. *Informes técnicos CIEMAT*. Madrid

- Montoya, J.M. 1997. Técnicas de reforestación con encinas, alcornoques y otras especies de *Quercus* mediterráneos. En: Orozco-Bayo, E. & Monreal-Montoya, J. (eds.) Universidad de Castilla-La Mancha, ES. *Forestación en tierras agrícolas*. pp. 199-213. Cuenca.
- Moreno G., Gómez Gutiérrez, J.M., Fernández Santos, B. 1992. Primary dispersal of *Cytisus multiflorus* seeds. *Pirineos* 140: 75-88.
- Pastor, J. y Hernández, A.J. 2002. Estudio de suelos de vertederos sellados y de sus especies vegetales espontáneas para la fitorestauración de suelos degradados y contaminados del centro de España. *Anales de Biología* 24: 145-153.
- Penas, A. y Díaz, T.E. 1985. Datos sobre la alianza *Corynephoroplantaginion radicatae* Rivas Goday y Rivas-Martínez 1963 *Nom. Invers.* Rivas-Martínez 1975 en el sector orensano-sanabriense. *Acta botánica Malacitana*. 10: 155-166.
- Penas, Á. y Díaz, T.E. 1985. Datos sobre la alianza *Corynephoroplantaginion radicatae*. Rivas Goday & Rivas Martínez 1963 *nom. invers.* Rivas Martínez 1975 en el sector orensano-sanabriense. *Acta Botanica Malacitana*. 10: 155-166.
- Penas, Á., Díaz, T.E., Díaz, M.E., Herrero, L. y Puente, E. 1988. Aportaciones al conocimiento de los piornales (*Cytisetea scopario-striati*) en la provincia de León. Homenaje a Pedro Montserrat. *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología*. 4: 687-696.
- Pérez, M.A., Gómez, J.M., Fernández, B., Martínez, C. 1994. Efectos de la concentración de sales nutritivas sobre la germinación de semillas de *Cytisus multiflorus*. *Studia Oecologica*, 9-10: 273-279.
- Prach, K. y Pyšek, P. 1994. Spontaneous establishment of woody plants in Central European derelict sites and their potential for reclamation. *Restoration Ecology* 3: 190-197.
- Prach, K. y Pyšek, P. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*. 17: 55-62.
- Puente García, E. 1988. Flora y Vegetación de la Cuenca Alta del Río Sil (León). *Diputación Provincial de León. Fray Bernardino de Sahagún*. León.
- Pulido, S. En prensa. Aplicación de flora en escombreras de la cuenca carbonífera de El Bierzo (León, España). Proyecto fin de carrera. Universidad Autónoma de Madrid.
- Pyke, D.A. y Archer, S. 1991. Plant-plant interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated reangeland. *Journal of Range Management*. 44 (6): 550-557.
- Rivas Martínez, S. 1987. Memoria del Mapa de las series de Vegetación de España, 1:400.000. *MAPA-ICONA, Serie Técnica*. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. 1971. Brezales y jarales de Europa occidental (Revisión fitosociológica de las clases *Calluno-Ulicetea* y *Cisto-Lavanduletea*). *Lazaroa*. 1: 5-128
- Rodríguez-Echeverría, S., Pérez-Fernández, M.A., Vlaar, S. y Finnan, T. 2003. Analysis of the legume-rhizobia symbiosis in shrubs from central western Spain. *Journal of Applied Microbiology*. 95: 1367-1374
- Romero, C.M. 1983. *Flora y vegetación en la cuenca alta del Río Luna León*. Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias, (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). ISBN: 84-7479-176-6
- Sabre, M., Holl, K.D. y Cairns, Jr. 1996. Wildflowers as an alternative for landfill revegetation in Spotsylvania County, VA. *Virginia Journal of Science*. 47: 281-291.

- San Miguel, A. 2008. Gramíneas de interés para la implantación de praderas y la revegetación de zonas degradadas. Ecología y pautas básicas de utilización. *Departamento de Silvopascicultura Universidad Politécnica de Madrid E.T.S. Ingenieros de Montes*.
- Seoánez, M. 1998. Ingeniería medioambiental aplicada a la reconversión industrial y a la restauración de paisajes industriales degradados. Casos prácticos. *Mundi-Prensa*. Madrid.
- SITCYL.2009. Sistema de información territorial de Castilla y León. Junta de Castilla y León. Disponible en: <http://www.sitcyl.jcyl.es>
- Sletvold, 2002. Effects of plant size on reproductive output and offspring performance in facultative biennial *Digitalis purpurea*. *Journal of Ecology*. 90: 958-966.
- Taberner A. 1996. Biología de *Lolium rigidum* Gaud. como planta infectante de cultivo de la cebada. Aplicación al establecimiento de métodos de control. *Universitat de Lleida*. 118 pp.
- Tormo, J., Bochet, E. y García-Fayos, P. 2007. Roadfill revegetation in semiarid Mediterranean environments. Part II: Topsoiling, species selection, and hydroseeding. *Restoration Ecology*. 15(1): 97-102.
- Tutin, T., Heywood, V., Burges, N., Moore, D. Valentine, D., Walters, S. y Webb, D. 1964-1980. Flora Europaea. *Cambridge University Press*. Cambridge.
- Twedt, D.J. 2006. Small clusters of fast-growing trees enhance forest structure on restored bottomland sites. *Restoration Ecology* 14: 316–320
- Vadillo, L., Aduvire, O., Alberruche, M.E., Arranz, J.C., Lacal, M., Martínez, B. y Moreno, C. 2006. Memoria del acuerdo específico de colaboración entre el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para la restauración ambiental de la región de El Bierzo. *IGME-CIEMAT*. Madrid.
- Vega, J. 2003. Minero Siderúrgica de Ponferrada, 1918-2010. Historia y futuro de la minería leonesa. *LID Editorial Empresarial*. Madrid. 426 pp.
- Wilson, C.E., Hutchinson, T.C. y Burn, C.R. 1996. Natural revegetation of placer mine tailings near Mayo, Central Yukon. En: *Yukon Quaternary Geology Volumen 1*. LeBarge W.P. (Eds.), pp. 47-62, Exploration and Geological Services Division, Northern Affairs Program, Yukon Region.

Recursos de internet

Fundación Ciudad de la Energía. <http://www.ciuden.es/> Acceso el 20/05/2009.

Naciones Unidas. Convenio de lucha contra la desertificación. Disponible en: <http://www.unccd.int/> Acceso el 20/05/2009

ArcGis [programa de ordenador]. Versión 9.2. 2006

