



# Proyecto LIFE Ribermine

## **Informe con los resultados de la acción A3.1:**

Caracterización de las comunidades vegetales de referencia y selección de pastizales. Alto Tajo

*Marzo de 2020*

### **Autores:**

Tíscar Espigares Pinilla

Pedro Villar Salvador

Javier Pavón García

José Manuel Nicolau Ibarra

Jaume Tormo Blanes



Universidad  
de Alcalá



Universidad  
Zaragoza



## Índice

1.- Introducción .....	3
2.- Metodología.....	4
3.- Resultados y discusión .....	8
4.- Conclusiones.....	14
5.- Bibliografía .....	15

## 1.- Introducción

Las labores de revegetación propuestas en el proyecto deben prever actuaciones específicas adaptadas a las diversas geoformas resultantes del método de restauración geomorfológico (GeoFluv), que generará un relieve compuesto por lomas y vaguadas. Hay que tener en cuenta, además, que no existen experiencias previas en Europa de establecer, sobre sustratos mineros, comunidades forestales de pinares de *Pinus nigra* y robledales ibéricos de *Quercus faginea*. Por ello, y debido a que se van a restaurar diferentes hábitats y a que en cada biotopo restaurado habrá distintas formas de relieve, sustrato y orientaciones, es de suma importancia hacer una prospección de las comunidades vegetales presentes en la zona para identificar las especies más apropiadas para utilizar en las tareas de revegetación.

El presente informe describe los estudios realizados para la caracterización de los ecosistemas naturales que servirán de referencia para acometer las tareas de revegetación de la mina Santa Engracia, en el municipio de Peñalén (Guadalajara), que constituye uno de los espacios a restaurar del Proyecto Life Ribermine (Life 18ENV/ES/000181).

Concretamente, este “entregable” responde a los trabajos indicados en la acción A3.1 del Proyecto, cuyo título es: “Caracterización de las comunidades vegetales de referencia y selección de pastizales”.

Para ello se ha analizado la composición florística y la estructura de la vegetación de diversos ecosistemas naturales ubicados en el entorno de la mina en diferente estado de sucesión vegetal, desde ecosistemas forestales y de pastizal más estables hasta otros sistemas en los que actualmente se está ensamblando una comunidad vegetal. De esa forma se ha procedido a la determinación de un listado de especies en función de su abundancia, que permitirá diseñar el futuro plan de revegetación una vez que las tareas de restauración geomorfológica se hayan ejecutado.

## 2.- Metodología

El establecimiento de la vegetación en el proyecto de restauración de la mina de Santa Engracia se acometerá en dos fases en las que se emplearán especies de plantas y métodos de revegetación diferentes. En la primera fase se establecerán herbáceas, caméfitos y subarbustos mediante una siembra. En la segunda fase, que se ejecutará un año más tarde, se establecerán árboles y arbustos por medio de la plantación de brinzales cultivados en vivero y de estaquillas sin enraizar.

### 2.1. Criterios de selección de especies

Para la selección de las especies de la primera fase, se han usado los siguientes criterios:

- 1) Especies comunes y abundantes en la región próxima a la mina de Santa Engracia, de carácter pionero, capaces de colonizar rápidamente el suelo y mejorar su fertilidad.
- 2) Especies con resistencia al estrés hídrico y a la herbivoría.
- 3) Variedad de grupos funcionales con el fin de diversificar las funciones ecológicas de la vegetación. Ello implica minimizar la redundancia funcional de las especies seleccionadas.
- 4) Especies con potencial para facilitar el establecimiento natural de árboles y arbustos de etapas más tardías de la sucesión.
- 5) Especies de las que se tenga experiencia previa de uso por parte de los investigadores/técnicos.
- 6) Especies con disponibilidad de material de reproducción en el mercado.

Los criterios utilizados para la selección de los árboles y arbustos de la segunda fase han sido los siguientes:

- 1) Especies estructurales y dominantes en las comunidades forestales del Parque Natural del Alto Tajo, permitiendo de este modo la integración ecológica y paisajística de la zona en restauración.
- 2) Especies con capacidad de proveer alimento y refugio a la fauna, especialmente a pequeñas aves y mesomamíferos frugívoros oportunistas como zorros y garduñas (Escribano et al, 2014), que puedan dispersar y expandir las especies introducidas.
- 3) Especies con potencial para facilitar el establecimiento natural de árboles y arbustos de etapas más tardías de la sucesión.
- 4) Especies con resistencia a la aridez.
- 5) Especies con disponibilidad de material de reproducción en el mercado o de fácil recolección en el campo.

## 2.2. Fuentes de información para la selección de especies

Para la selección de las especies se han usado dos fuentes principales de información:

- a) inventarios de flora realizados por los autores del presente informe en áreas cercanas a la mina de Santa Engracia
- b) datos publicados de inventarios de flora y vegetación.

Las fuentes principales de datos publicados han sido dos tesis doctorales de flora y vegetación que han servido para seleccionar las especies de la primera fase de revegetación, y los datos del Inventario Forestal Nacional 3 (IFN3), que han permitido principalmente elegir las especies de árboles y arbustos de la segunda fase del proyecto de revegetación. Los datos del IFN3 complementaron también la información sobre caméfitos y subarbustos obtenida de las tesis doctorales.

Los inventarios propios se han realizado en cuatro puntos, dos en quejigares muy próximos a la mina de Santa Engracia y otros dos en un pinar con quejigos situado en las inmediaciones de la mina El Machorro (Poveda de la Sierra). Ambos muestreos se realizaron en otoño de 2019 (Fig. 1).

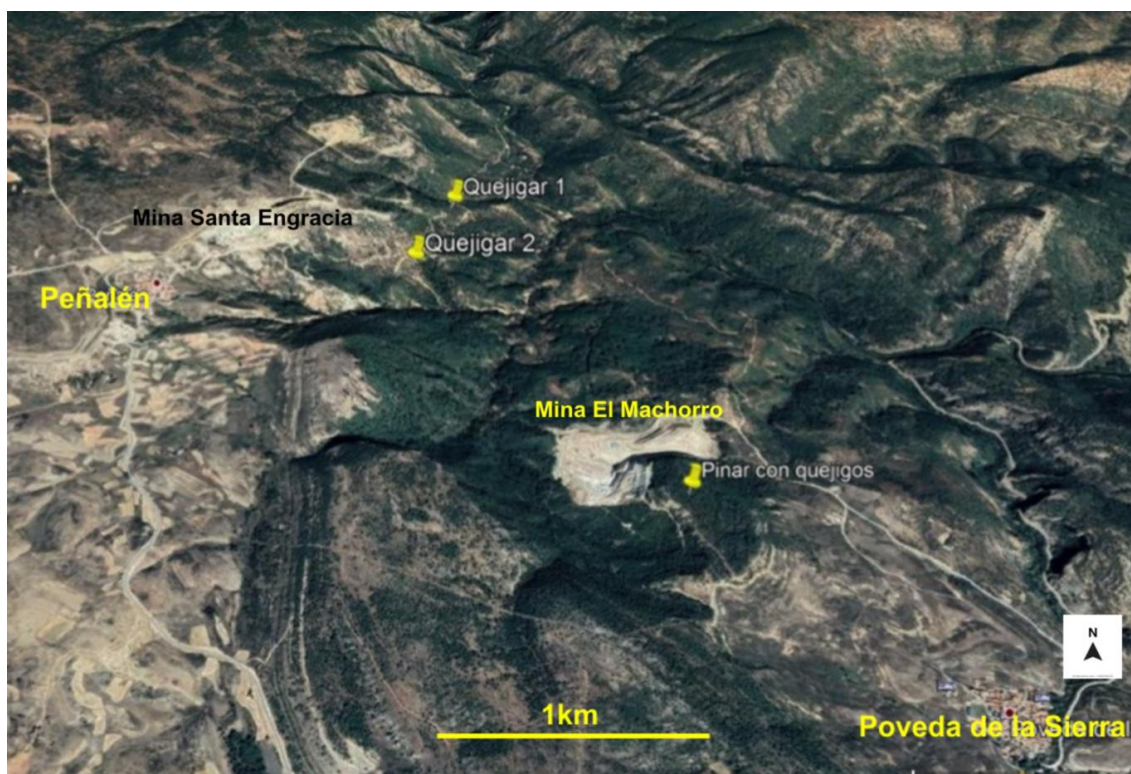


Fig. 1. Ubicación de las parcelas muestreadas por los autores del trabajo. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de *Google Earth*.

El método de muestreo que se utilizó para la realización de estos inventarios fue semejante al utilizado en el IFN3 (Alberdi et al. 2016). Brevemente, para cada especie se cuantificó el número de pies mayores (árboles cuyo diámetro normal  $>7.5$  cm y a la vez su altura es  $> 1.30$  m) en una parcela circular de 25 m de radio. Posteriormente, en una subparcela de 5 m de radio, se cuantificó el regenerado de las especies arbóreas (número de individuos con diámetro normal  $<2.5$  cm) y la cobertura de cada especie de arbusto, subarbusto y caméfito.

Para la selección de especies herbáceas, caméfitos y subarbustos que se usarán en la primera fase del proyecto de revegetación, se han utilizado inventarios de flora y vegetación del Alto Tajo obtenidos de las tesis doctorales de Mazimpaka (1982) y Álvarez (1992). Con objeto de cumplir con los criterios de selección de especies pioneras, capaces de colonizar rápidamente el suelo, mejorar su fertilidad y tener una elevada resistencia a la sequía y herbivoría, se seleccionaron inventarios tomados de comunidades de matorrales basófilos, tomillares pradera, pastizales

xerofíticos no nitrófilos y pastizales pioneros de *Festuca ovina*. Dichas comunidades corresponden con etapas de degradación o sustitución de las principales formaciones forestales dominantes en el Alto Tajo y se establecen sobre suelos calizos poco desarrollados.

Se han recopilado 61 inventarios tomados en localidades situadas en un rango altitudinal de entre 1096 y 1400 m s.n.m. (media 1230 m). Los inventarios se realizaron en parcelas de 10-50 m<sup>2</sup>, donde se muestreó la abundancia de cada especie según una escala de cobertura de Braun-Blanquet (1979). En una primera fase, se preseleccionaron las especies que estuvieran en  $\geq 50\%$  de los inventarios publicados de cada comunidad tipo y que, además, tuvieran los valores más altos de cobertura.

Para la selección de especies de árboles y arbustos se utilizó el inventario del IFN3. De dicho inventario también se obtuvo información sobre caméfitos y subarbustos que sirvió para complementar la obtenida de los inventarios de flora y vegetación del apartado anterior. Las parcelas del IFN3 han sido levantadas en terrenos forestales y su posición espacial corresponde con los nodos de una malla de 1 km de lado. Para esta parte del estudio se han seleccionado aquellas parcelas del IFN3 que cumplían los siguientes requisitos:

- Que se encuentren en un radio de 20 km entorno al pueblo de Peñalén
- Que estén a una altitud comprendida entre los 1200-1400 m. s. n. m.
- Que tengan una orientación Sur en sentido amplio (el arco de 180º desde el E al O)

Un total de 152 parcelas (108 en la provincia de Guadalajara y 44 en la provincia de Cuenca) cumplieron con esos requisitos y se han analizado para la selección de especies (Fig. 2).

Se seleccionaron aquellas especies de matorral que aparecían en más del 10% de las parcelas y que tenían una cobertura media (fracción de cabida de cubierta en términos del IFN3) de más del 20%.



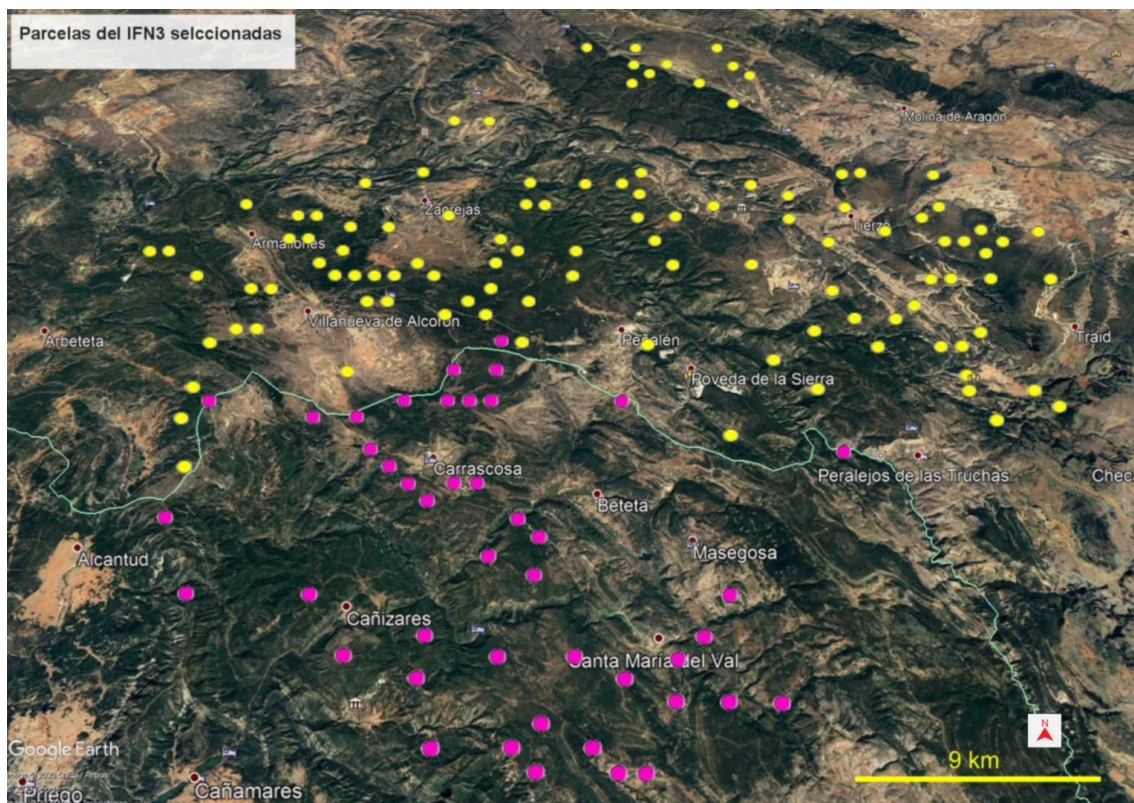


Fig. 2. Parcelas del IFN3 que se han seleccionado para la identificación de especies arbóreas, arbustivas, subarbustivas y caméfitos. En amarillo las parcelas de la provincia de Guadalajara y en rosa las parcelas de la provincia de Cuenca. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de *Google Earth*.

### 3.- Resultados y discusión

#### 3.1. Selección de especies herbáceas, caméfitos y subarbustos para la primera fase de revegetación

Las especies preseleccionadas según su frecuencia y abundancia en los inventarios de flora y vegetación publicados se muestran en la Tabla 1, mientras que las especies más frecuentes en el inventario del IFN3 se presentan en la Tabla 2. La información recogida en estas dos tablas indica que hay una serie de especies muy comunes y abundantes en el territorio que aparecen de manera sistemática en las diferentes comunidades. Es el caso de *Festuca hystrix* y *Koelleria vallesiana* entre las herbáceas, mientras que *Genista scorpius*, *Genista pumila*, *Lavandula latifolia* o varias especies



del género *Thymus* son muy frecuentes entre los caméfitos y subarbustos. Las especies de *Genista* tienen un elevado potencial de facilitación de especies forestales de etapas intermedias y tardías de la sucesión forestal (Smit et al. 2007).

Tabla 1. Relación de especies de herbáceas, caméfitos y subarbustos más frecuentes y abundantes en las comunidades analizadas en los inventarios recopilados en Mazimpaka 1982 y Álvarez 1992. Las especies subrayadas son las que más se repiten en las distintas comunidades analizadas. Las especies sombreadas en gris son las que disponen de semillas a la venta

Pastizales pioneros de <i>Festuca ovina</i> (Álvarez 1992)	Pastizales xerofíticos no nitrófilos		Matorrales basófilos	
	Mazimpaka 1982	Álvarez 1992	Mazimpaka 1982	Álvarez 1992
<i>Festuca ovina</i>	<i>Arenaria aggregata</i> subsp. <i>erinacea</i>	<i>Arenaria obtusiflora</i>	<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	<i>Bromus erectus</i>
<i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Astragalus incanus</i> subsp. <i>incurvus</i>	<i>Festuca hystrix</i>	<i>Festuca hystrix</i>	<i>Coronilla minima</i>
<i>Thymus zygis</i>	<i>Coronilla minima</i>	<i>Fumana procumbens</i>	<i>Fumana procumbens</i>	<i>Festuca hystrix</i>
	<i>Festuca hystrix</i>	<i>Helianthemum oelandicum</i>	<i>Genista pumila</i>	<i>Fumana procumbens</i>
	<i>Festuca rubra</i>	<i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Helianthemum cinereum</i>	<i>Genista scorpius</i>
	<i>Fumana procumbens</i>	<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>expansum</i>	<i>Helianthemum oelandicum</i>	<i>Genista pumila</i>
	<i>Helianthemum oelandicum</i>	<i>Thymus bracteatus</i>	<i>Lavandula latifolia</i>	<i>Helianthemum oelandicum</i>
	<i>Koeleria vallesiana</i>		<i>Linum appressum</i>	<i>Hieracium pilosela</i>
	<i>Poa ligulata</i>		<i>Satureja obovata</i>	<i>Koeleria vallesiana</i>
	<i>Potentilla cinerea</i> subsp. <i>velutina</i>		<i>Thymus bracteatus</i>	<i>Lavandula latifolia</i>
	<i>Satureja obovata</i>		<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Linum appressum</i>
	<i>Thymus bracteatus</i>		<i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Satureja obovata</i>
				<i>Stipa celakovsky</i>
				<i>Teucrium chamaedrys</i>
				<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>expansum</i>
				<i>Thymus bracteatus</i>
				<i>Thymus vulgaris</i>

Tabla 2. Especies de arbustos y caméfitos más frecuentes en las parcelas del IFN3, con indicación de su cobertura y un índice de importancia basados en la frecuencia y cobertura. Solo se muestran las especies que aparecieron en al menos un 25% de las 152 parcelas examinadas.

Especie	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (FCC) (%)	Índice de importancia (Frecuencia × Cobertura) /100
<i>Thymus spp.</i>	85	20	17
<i>Genista scorpius + Genista spp.</i>	43	18	8
<i>Lavandula latifolia + Lavandula spp.</i>	62	12	8
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	28	26	7
<i>Cistus laurifolius</i>	22	11	2
<i>Berberis vulgaris</i>	32	6	2
<i>Rosa spp.</i>	37	4.5	2
<i>Euphorbia spp.</i>	32	3.5	1

Entre las herbáceas preseleccionadas (Tabla 1) existe una elevada representación de gramíneas en detrimento de otras familias y grupos funcionales. Por ejemplo, aparecen pocas leguminosas herbáceas (*Astragalus incanus* subsp. *incurvus* y *Coronilla mínima*) y ninguna tiene semillas disponibles a la venta. Las leguminosas tienen un papel importante en la fertilidad del suelo por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y por producir hojarasca más fácilmente de descomponer que la hojarasca de las gramíneas. Por ello, se ha optado por seleccionar dos especies de leguminosa herbácea con semillas disponibles en el mercado. Por un lado, *Anthyllis vulneraria*, que aparece en los inventarios de flora y vegetación, pero con menor frecuencia que las preseleccionadas. Por otro lado, la esparceta (*Onobrichys viciifolia*) una especie forrajera que ha sido usada en otros proyectos de restauración en la provincia de Teruel, pero que ocasionalmente también aparece en algunos inventarios. También se ha seleccionado el abrotano macho (*Santolina chamaecyparissus*), presente en la zona aunque menos frecuente que las especies preseleccionadas, que ha sido usada en proyectos de revegetación de escombreras mineras de Teruel y cuyas semillas están disponibles en el mercado. Finalmente, para manejar un número razonable de especies en la siembra, de las tres especies de *Thymus* preseleccionadas (*Thymus bracteatus*, *Thymus vulgaris*

y *Thymus zygis*) se ha decidido usar solamente *Thymus vulgaris*. Las razones son que sus semillas están disponibles en el mercado y que asumimos que cumple una función ecológica semejante a la de las otras dos especies de tomillo.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriormente explicados, las especies de herbáceas y caméfitos que se han seleccionado para introducir en la primera fase del plan de revegetación son las que se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3. Especies seleccionadas para la primera fase de implantación de la vegetación

Especies	Cobertura (%)	Forma de crecimiento	Familia
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<5	Herbácea perenne	Leguminosae
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	15	Herbácea perenne	Gramineae
<i>Dactylis glomerata</i>	5	Herbácea perenne	Gramineae
<i>Festuca rubra</i>	5	Herbácea perenne	Gramineae
<i>Festuca ovina</i>	15	Herbácea perenne	Gramineae
<i>Koeleria vallesiana</i>	<5	Herbácea perenne	Gramineae
<i>Onobrychis viciifolia</i>	25	Herbácea perenne	Leguminosae
<i>Satureja intricata</i>	10	Sufruticosa	Labiatae
<i>Teucrium polium subsp. expansum</i>	2	Sufruticosa	Labiatae
<i>Genista scorpius</i>	40	Arbusto	Leguminosae
<i>Lavandula latifolia</i>	11	Subarbusto	Labiatae
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	10	Caméfito	Compositae
<i>Thymus vulgaris</i>	25	Caméfito	Labiatae

### 3.2. Selección de arbustos y árboles para la segunda fase de revegetación

En la Tabla 4 se muestran las especies de árboles y arbustos recogidas en inventarios propios de la zona, mientras que en la Tabla 5 se muestran las especies de árboles que aparecen en los inventarios del IFN3.

Tabla 4. Abundancia de las especies de árboles y arbustos en los cuatro inventarios realizados en las proximidades de la mina de Santa Engracia (Quejigar 1 y 2) y del Machorro (Pinar 1 y 2). Los datos de los árboles se expresan en densidad (pies mayores  $\text{ha}^{-1}$ ) y los de los arbustos en cobertura (%). Las celdas vacías indican ausencia del taxón

Especies	Quejigar 1	Quejigar 2	Pinar 1	Pinar 2
<u>Árboles</u>				
<i>Juniperus communis</i>				10
<i>Pinus nigra subsp.</i>	5		535	255
<i>Quercus faginea</i>	208	208	15	76
<u>Arbustos y caméfitos</u>				
<i>Amelanchier ovalis</i>	1.4		8	
<i>Buxus sempervirens</i>	7.8		75	90
<i>Crataegus monogyna</i>			3	0.2
<i>Genista scorpius</i>	6.2	6.0	1	0.2
<i>Helianthemum spp.</i>		0.1		
<i>Lithodora fruticosa</i>		0.1		
<i>Lonicera spp.</i>				0.1
<i>Prunus spinosa</i>	0.1			
<i>Rosa spp.</i>				0.1
<i>Satureja intricata</i>		0.1		
<i>Thymus vulgaris</i>		12.7		
<i>Viburnum lantana</i>				0.1

Tabla 5. Especies de árboles que aparecen en las parcelas del IFN3, junto a su frecuencia y densidad de pies.

	Frecuencia (proporción inventarios que aparece) %	Densidad (pies $\text{ha}^{-1}$ )
<i>Acer monspessulanum</i>	0,7	64
<i>Juniperus thurifera</i>	30,8	158
<i>Pinus nigra subsp. salzmanii</i>	65,1	282
<i>Pinus pinaster</i>	7,5	287
<i>Pinus sylvestris</i>	25,3	242
<i>Quercus faginea</i>	11,6	301
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	13,0	684
<i>Quercus pyrenaica</i>	2,7	113

De las especies mostradas en la Tabla 5, descartamos tres: *Quercus pyrenaica*, *Pinus pinaster*, y *Pinus sylvestris*. Las dos primeras porque crecen sobre suelos pobres en carbonato cálcico y la zona a restaurar tendrá un suelo de coluvión rico en carbonato cálcico. *Pinus sylvestris* no se utilizará porque es una especie poco resistente a la sequía (Salazar-Tortosa et al. 2018) y la zona a restaurar no está a una altitud óptima para esta especie, la cual está presentando una elevada mortalidad en las repoblaciones localizadas a altitudes inferiores a las de las poblaciones naturales (observaciones personales).

La selección final de las especies de árboles y arbustos para la segunda fase de revegetación se muestra en la Tabla 6. Además de las especies de árboles estructurales y dominantes en el paisaje más próximo a la mina de Santa Engracia (*Pinus nigra subsp. salzmanii* y *Quercus faginea*, Tabla 4), se han seleccionado *Juniperus thurifera* y *Quercus ilex subsp. ballota*. La razón de esta decisión es que se prevé que la aridez se incremente en las próximas décadas con el Cambio Climático y porque la profundidad del suelo tras la restauración geomorfológica será menor que en las zonas aledañas y ambas especies son resistentes a la sequía y capaces de crecer en suelos poco profundos. Además, ambas especies producen frutos consumidos por un gran número de animales. Estas dos especies de árboles serán plantadas en menor proporción que *Pinus nigra subsp. salzmanii* y *Quercus faginea*. Finalmente, para las zonas con mayor acumulación de recursos, como son las vaguadas, se implantará una especie de *Salix* y *Acer monspessulanum*.

Entre los arbustos, se han elegido *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Amelanchier ovalis* y *Buxus sempervirens* por su alta frecuencia en la zona (ver Tablas 2, 4 y observaciones personales en otras zonas próximas) y porque todas, excepto *B. sempervirens*, producen frutos valiosos para multitud de animales. Además, dado su carácter espinoso, *R. canina* y *C. monogyna* pueden actuar de nodrizas para la futura regeneración de quejigos y pinos.



Tabla 6. Selección final de árboles y arbustos con una propuesta inicial de densidad de individuos a plantar

Especies	Densidad (pies ha <sup>-1</sup> )
<u>Árboles</u>	
<i>Acer monspessulanum</i>	64
<i>Juniperus thurifera</i>	75
<i>Pinus nigra</i>	100
<i>Quercus faginea</i>	100
<i>Quercus ilex</i>	30
<u>Arbustos</u>	
<i>Amelanchier ovalis</i>	50
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	70
<i>Crataegus monogyna</i>	150
<i>Rosa canina</i>	225
<i>Buxus sempervirens</i>	300
<i>Salix spp.</i>	

#### 4.- Conclusiones

Tras el análisis de la composición florística y estructura de la vegetación a través de muestreos propios e inventarios publicados, hemos procedido a una primera selección de especies para utilizar en las labores de revegetación del entorno de la mina Santa Engracia, en el Parque Natural del Alto Tajo.

Para la primera fase de revegetación, que se hará a través de siembra, las especies elegidas se describen en la Tabla 3, mientras que en la Tabla 6 se detalla el listado y la densidad de plantación de árboles y arbustos elegidos para la segunda fase, de plantación. La proporción en que se sembrarán cada una de las especies de la primera fase no está totalmente determinada, dependiendo, entre otros factores, de la disponibilidad de semillas en el mercado o de su producción en viveros. Actualmente se está trabajando en estos aspectos que quedarán definidos por completo en el plan de revegetación.

## 5.- Bibliografía

Alberdi I, Sandoval V, Condés S, Cañellas I, Vallejo R (2016) El Inventario Forestal Nacional español, una herramienta para el conocimiento, la gestión y la conservación de los ecosistemas forestales arbolados. *Ecosistemas* 25:88–97.

Álvarez J (1992) Los sabinars albares de la provincia de Guadalajara: estudio ecológico, florístico y fitosociológico y biología comparada de poblaciones de *Juniperus thurifera* L. Universidad de Alcalá

Braun-Blanquet J (1979) *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Ediciones, Madrid, España.

Escribano-Avila, G., Calviño-Cancela, M., Pías, B., Virgós, E., Valladares, F., & Escudero, A. (2014). Diverse guilds provide complementary dispersal services in a woodland expansion process after land abandonment. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1701–1711.

Mazimpaka V (1982) Contribución al estudio de la flora y vegetación de la cuenca del Alto Tajo. Tránsito Alcarria-Sistema Ibérico (Provincia de Guadalajara). Universidad Complutense de Madrid

Salazar-Tortosa D, Castro J, Villar-Salvador P, Viñegla B, Matías L, Michelsen A, Rubio de Casas R, Querejeta JI (2018) The “isohydric trap”: A proposed feedback between water shortage, stomatal regulation, and nutrient acquisition drives differential growth and survival of European pines under climatic dryness. *Glob Chang Biol* 24: 4069–4083. <http://doi.wiley.com/10.1111/gcb.14311>

Smit C, den Ouden J, Díaz M (2007) Facilitation of *Quercus ilex* recruitment by shrubs in Mediterranean open woodlands. *J Veg Sci* 19:193–200.