



**2025 | 16-20**  
**GIJÓN | JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1306**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## ¿Promueven los arbustos la biomasa herbácea de pastos posmineros con uso ganadero?

MANSO-ARRIBAS, M. (1), FERNÁNDEZ-SANTOS, B. (2), MARTÍNEZ-RUIZ, C. (1) y GARCÍA-DURO, J. (1)

(1) Área de Ecología. Dpto. Ciencias Agroforestales. Instituto de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR), Universidad de Valladolid, España.

(2) Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Campus Miguel de Unamuno, 37007 Salamanca, España

### Resumen

Las minas de carbón rehabilitadas a pastos de Guardo (Palencia) son colonizadas de forma dispersa por arbustos nativos como *Cytisus scoparius* (L.) Link. Como algunos arbustos facilitan el establecimiento de otras plantas, hipotetizamos que los pastizales posmineros proporcionan mayor biomasa herbácea con arbustos dispersos de *C.scoparius* que sin ellos y, al generar distintos microambientes, aumentan la heterogeneidad espacial. En cinco individuos aislados de *C.scoparius*, se recogió la biomasa herbácea en siete cuadrados contiguos (20 cm) desde la base del arbusto hacia fuera, siguiendo cuatro orientaciones (N-S-E-O). La biomasa (total y por familias) del pasto con y sin arbustos es similar, pero la biomasa de leguminosas aumenta con la distancia al arbusto, especialmente hacia el norte y este. La de gramíneas aumenta con la distancia hacia el sur y este, pero desciende hacia el norte y oeste. La de compuestas es mayor en el sur, y fuera del arbusto hacia el este y oeste. La del resto de familias es mayor bajo el arbusto. La biomasa total es menor bajo el arbusto en el norte y este. Concluimos que los arbustos dispersos de *C.scoparius* en pastos posmineros mantienen la biomasa herbácea disponible y diversifican la oferta de alimento para ganado.

### Palabras clave

Facilitación, arbusto nodriza, restauración de pastizales, heterogeneidad espacial, interacción planta-planta, .

### 1. Introducción

Tradicionalmente, los matorrales han sido considerados comunidades de escaso valor ecológico, invasores de cultivos y pastos, que había que tratar de eliminar (FERNÁNDEZ-SANTOS y MARTÍNEZ-RUIZ, 1999). Su estrecha relación con los incendios, debido a la gran cantidad de biomasa que acumulan en zonas con larga sequía estival (FERNÁNDEZ-SANTOS y MARTÍNEZ-RUIZ, 1999), también ha contribuido a que la percepción negativa hacia ellos se acentúe. Incluso, entre las prácticas tradicionales de restauración, se consideraba la eliminación del matorral para promover la producción de herbáceas (HUBER-SANNWALD & PIKE, 2005).

Sin embargo, más recientemente se ha demostrado el importante papel que tienen los arbustos en la conservación y recuperación ecológica de las comunidades de plantas (FERNÁNDEZ-SANTOS et al., 1996; PUGNAIRE et al., 1996a, 1996b; MORO et al., 1997a, 1997b; LÓPEZ-PINTOR et al., 2006) y, también, en la producción del pasto (PULIDO et al., 2018). En concreto, se ha constatado su capacidad para modificar directamente las condiciones microclimáticas (MORO et al., 1997a, 1997b; GÓMEZ-APARICIO et al., 2008; PRIETO et al., 2011; COSTA et al., 2017) y/o edáficas (GARCÍA-MOYA & MCWELL, 1970; PUGNAIRE et al., 1996a. PRIETO et al., 2011; MUÑOZ-CERRO et al., 2023) e, indirectamente, al reducir los impactos negativos del ganado sobre el pasto, como el ramoneo (GIZICKI et al., 2018; SIGCHA et al., 2018) y el



pisoteo (GIZICKI et al., 2018; MUÑOZ-CERRO et al., 2023), promoviendo la cobertura y biomasa de las especies herbáceas (PUGNAIRE et al., 1996a, 1996b; MORO et al., 1997a), y contribuyendo a configurar la estructura y composición de la comunidad vegetal (BADANO & CAVIERES, 2006; MICHALET et al., 2011).

En las minas de carbón rehabilitadas a pastos del norte de España, los arbustos nativos colonizan activamente los pastos posmineros desde los bosques adyacentes (MILDER et al., 2013; LÓPEZ-MARCOS et al., 2020). La principal especie arbustiva colonizadora es la leguminosa *Cytisus scoparius* (L.) Link, que se establece en la mina de forma dispersa (MILDER et al., 2013), configurando un patrón espacial donde la matriz de vegetación herbácea, con condiciones típicas de áreas abiertas, está salpicada por arbustos aislados donde se imponen diferentes condiciones bióticas y abióticas.

Bajo estas circunstancias, el efecto de arbustos aislados sobre la comunidad herbácea puede evidenciarse por el contraste entre los ambientes generados bajo y fuera de la cubierta del arbusto (GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ et al., 1969; ALONSO et al., 1981; RICO y PUERTO, 1988-1989; MARAÑÓN-BARTOLOMÉ, 1993; LÓPEZ-PINTOR et al., 2003) y en función de la orientación, que afectan a la presencia y abundancia de especies herbáceas (RICO y PUERTO, 1988-1989; LÓPEZ-PINTOR et al., 2003; MANSO-ARRIBAS et al., 2024a, 2024b), ya que cada especie o grupos de especies tiene preferencias ecológicas concretas (GRIME, 1977; 2001; PIERCE et al., 2013). Además, los herbívoros contribuyen a incrementar la heterogeneidad espacial en estos sistemas, a través de la selección de hábitat y la segregación espacial de sus actividades (LÓPEZ-PINTOR et al., 2003).

A pesar de que numerosos estudios han explorado el efecto facilitador de los arbustos nodriza sobre otras especies de plantas, pocos se han centrado en la especie *C.scoparius*, y son menos los que analizan sus efectos sobre el conjunto de la comunidad, así como sobre las relaciones entre grupos de especies que la conforman. y, en particular, en ambientes altamente perturbados como los espacios posmineros. En estos ambientes, el establecimiento de la vegetación se ve limitado porque los suelos mineros carecen de estructura edáfica, son poco profundos (BRADSHAW, 1997; VICKERS et al., 2012; ALDAY et al., 2014) y tienen baja capacidad de retención de agua, que acentúa los efectos negativos de la sequía estival en los climas mediterráneos (LÓPEZ-MARCOS et al., 2020; MUÑOZ-CERRO et al., 2023). A estas limitaciones abióticas hay que añadir otras de tipo biótico, como la herbivoría por ungulados silvestres y domésticos (MARTÍNEZ-RUIZ et al., 2021).

Por tanto, es necesario profundizar en el papel del arbusto nodriza *C.scoparius* en cuanto a su contribución al incremento de la biomasa de pastos posmineros en el área de estudio. El hecho de que los arbustos aislados de esta especie puedan contribuir a mejorar los pastos genera grandes expectativas para el desarrollo y optimización de herramientas de restauración de ecosistemas, basados en las interacciones positivas planta-planta, y el manejo sostenible de sistemas posmineros.

## 2. Objetivos

La hipótesis de este trabajo es que los pastos posmineros salpicados por arbustos dispersos generan mayores cantidades de biomasa aérea de herbáceas que los mismos pastos sin la presencia de arbustos.

El principal objetivo es, por tanto, analizar cuál es el efecto que tienen plantas



aisladas de *Cytisus scoparius* sobre la biomasa aérea de herbáceas en una mina de carbón rehabilitada a pastizal con uso ganadero en el noroeste de la provincia de Palencia, muy cerca del municipio de Guardo.

Para la consecución de este objetivo principal se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la distancia al arbusto y la orientación (N-S-E-O) en la biomasa herbácea total y de las principales familias (leguminosas, gramíneas, compuestas y otras).
- Determinar si existe un efecto positivo de la presencia de los matorrales sobre la biomasa herbácea aérea total y por familias en los pastos posmineros en comparación con pastos sin la presencia de arbustos.

### 3. Metodología

El estudio se llevó a cabo en una mina de carbón a cielo abierto rehabilitada a pastizal. La zona, conocida como “El Sestil”, se ubica en el término municipal de Guardo (Palencia; Lat. 42° 47' N, Long. 4° 50' W; 1180 m s.n.m.) en la comarca de la “Montaña Palentina”. El clima es Mediterráneo subhúmedo (MAPA, 1991), con 977 mm de precipitación media anual, sequía estival en los meses de julio y agosto, y 9,3 °C de temperatura media anual (datos del observatorio de Guardo, periodo 1973-2007; MILDNER et al., 2013).

La vegetación que rodea la mina es un bosque de roble albar (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) con una diversa vegetación leñosa acompañante (p. ej., *Prunus avium* L., *Ilex aquifolium* L., *Malus sylvestris* Mill., *Corylus avellana* L., *Lonicera xylosteum* L., *L. periclymenum* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Genista florida* L. o *Cytisus scoparius* (L.) Link.; MILDNER et al., 2013; MARTÍNEZ-RUIZ et al., 2021).

La restauración consistió en el rellenado del hueco minero con estériles de minas próximas hasta alcanzar la topografía original del terreno. Posteriormente, se añadió un recubrimiento de 30 cm de suelo superficial y de materiales de origen sedimentario intercalados con las capas de carbón, que se enmendó con estiércol de vacuno (30 t/ha) y fertilizantes químicos (8N:15P:15K; 150 kg/ha). Finalmente, en octubre de 1990, se sembró con una mezcla comercial de herbáceas, gramíneas y leguminosas perennes (80:20 en peso; 210 kg/ha) (MILDNER et al., 2013; MARTÍNEZ-RUIZ et al., 2021).

Quince años tras la restauración, el terreno había sido colonizado activamente, pero de forma dispersa, por la leguminosa arbustiva *C.scoparius* (MILDNER et al., 2013; ALDAY et al., 2016; MARTÍNEZ-RUIZ et al., 2021), aunque el suelo minero aún tenía muy baja capacidad de retención de agua en comparación con los suelos forestales naturales, y su profundidad efectiva era de tan sólo de 10-15 cm (LÓPEZ-MARCOS et al., 2020).

En primavera de 2005, un año seco (con 646,2 mm; 331 mm menos que la media del periodo 1973-2007), se seleccionó una zona llana de la mina para minimizar la influencia de factores ajenos al diseño experimental sobre la comunidad herbácea, como la pendiente (LÓPEZ-MARCOS et al., 2020), y en ella se seleccionaron cinco arbustos aislados de *C.scoparius* de dimensiones similares, lo suficientemente distanciados entre ellos para poder testar su efecto individual sobre el pasto (TÁRREGA y LUIS, 1988-1989).

Siguiendo la metodología de FERNÁNDEZ-SANTOS et al. (1996), en cada uno de los arbustos y hacia las cuatro orientaciones principales (N, S, E, O), se muestrearon 7



cuadrados de 20 cm contiguos desde la parte más próxima del tronco del arbusto hasta una distancia de 1,4 m, de modo que las tres primeras posiciones se encontraban bajo la cubierta del arbusto, la posición 4 en la zona de borde y las tres últimas posiciones fuera de la cubierta del arbusto.

La vegetación herbácea de cada cuadrado se cortó a ras del suelo con tijeras y se recogió toda la biomasa aérea, que se separó en laboratorio por familias, en cuatro grupos: leguminosas, gramíneas, compuestas y otras, por ser los más abundantes en los pastos posmineros de la cuenca carbonífera “Guardo-Cervera” (PALLAVICINI et al., 2015; SIGCHA et al., 2018). Finalmente, la biomasa se secó en estufa a 80° C durante 24 horas y se pesó.

Los análisis estadísticos han sido implementados en R (version 4.1.2; 2021-11-01; R-CORE TEAM, 2021), con el uso del paquete “nlme” para la realización de los modelos mixtos (LMM; version 3.1-162; PINHEIRO et al., 2023).

Para conocer la influencia de la distancia y de la orientación sobre la biomasa total ( $g/m^2$ ) y por familias se usaron modelos lineales mixtos (LMM; PINHEIRO & BATES, 2000), considerando la distancia y la orientación como factores fijos y cada planta individual de *C.scoparius* como efecto aleatorio. La orientación se introdujo como un factor categórico con cuatro niveles (norte, sur, este y oeste), mientras que la distancia se incluyó como variable continua. Para relacionar la biomasa con la distancia se probaron modelos lineales, cuadráticos y cúbicos, entre los que se seleccionaron los de mejor ajuste, en cuanto a variabilidad explicada y comportamiento de residuos. En los casos en los que fue necesario se controló la heterocedasticidad mediante funciones de la varianza de la clase varFunc de la librería nlme.

Estos modelos se ajustaron mediante el método de máxima verosimilitud (ML; RICHARDS, 2005), y se siguió la guía de simplificación de los modelos de CRAWLEY (2013), usando el criterio de información de Akaike (AIC; AKAIKE, 1973): partiendo de los modelos más complejos, se fueron simplificando, eliminando los términos no significativos que no contribuían a una reducción de AIC (PINHEIRO & BATES, 2000; JOHNSON & OMLAND, 2004). Finalmente, el modelo seleccionado se ajustó con el método de máxima verosimilitud restringida (REML; RICHARDS, 2005) y, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) de dicho modelo.

Para testar si la presencia de los arbustos en el pasto influye significativamente en la cantidad de biomasa (total y por familias) en toda su área de influencia se usaron las predicciones de los LMM para todo el área de 1,4 m de radio muestreada alrededor del arbusto, que se compararon mediante una t de Student con la predicción de los efectos fijos para el cuadrado menos influenciado por el arbusto (posición 7 en la orientación sur), dejando fuera el efecto aleatorio de la planta como en un pasto sin la presencia de arbustos.

#### 4. Resultados

El modelo cuadrático fue el que mejor se ajustó a los datos de la biomasa aérea total (Tabla 1.A) y mostró efectos simples significativos de la distancia y la orientación, así como un efecto significativo de la interacción entre ambos.

Los modelos cuadráticos mostraron, para las orientaciones norte y este, una forma convexa, con un máximo fuera de la influencia del arbusto, y muy cercano a la zona de borde (cuadrado 4). Por el contrario, los modelos cuadráticos tenían forma cóncava para las orientaciones sur y oeste, con un mínimo entorno al cuadrado del

borde, mostrando mayores diferencias de biomasa con la distancia en la orientación oeste que la orientación sur, en la que los valores de biomasa total se mantenían prácticamente constantes (Figura 1).

*Tabla 1. Resultados de los ANOVAS aplicados a los modelos mixtos que mejor se ajustaron a los datos de biomasa aérea total y de las principales familias.*

NumDF	DenDF	F	P			
Biomasa total	(A)	Intercept	1	124	167,15	<0,0001
Distancia	1	124	26,59			<0,0001
Orientación	3	124	18,00			<0,0001
Distancia <sup>2</sup>		1	124	6,22		<b>0,0140</b>
Distancia * Orientación	3	124	3,52			<b>0,0170</b>
Orientación * Distancia <sup>2</sup>		3	124	5,49		<b>0,0010</b>
Leguminosas	(B)	Intercept	1	124	10,48	0,0015
Distancia	1	124	87,72			<0,0001
Orientación	3	124	22,77			<0,0001
Distancia <sup>2</sup>		1	124	26,37		<0,0001
Distancia * Orientación	3	124	2,71			<b>0,0480</b>
Orientación * Distancia <sup>2</sup>		3	124	4,00		<b>0,0093</b>
Gramíneas	(C)	Intercept	1	124	55,83	<0,0001
Distancia	1	124	9,16			<b>0,0030</b>
Orientación	3	124	15,52			<0,0001
Distancia <sup>2</sup>		1	124	2,55		0,1130
Distancia * Orientación	3	124	32,66			<0,0001
Orientación * Distancia <sup>2</sup>		3	124	8,18		<b>0,0001</b>
Compuestas	(D)	Intercept	1	124	17,56	0,0001
Distancia	1	124	11,48			<b>0,0009</b>
Orientación	3	124	8,30			<0,0001
Distancia <sup>2</sup>		1	124	0,60		0,4410

Distancia * Orientación	3	124	0,91	0,4370		
Orientación * Distancia	2	3	124	3,46	<b>0,0190</b>	
Otras	(E)	Intercept	1	124	10,87	0,0013
Distancia	1	124	15,16	<b>0,0002</b>		
Orientación	3	124	1,57	0,2002		
Distancia	2	1	124	2,26	0,1350	
Distancia * Orientación	3	124	0,38	0,7690		
Orientación * Distancia	2	3	124	0,79	0,5010	

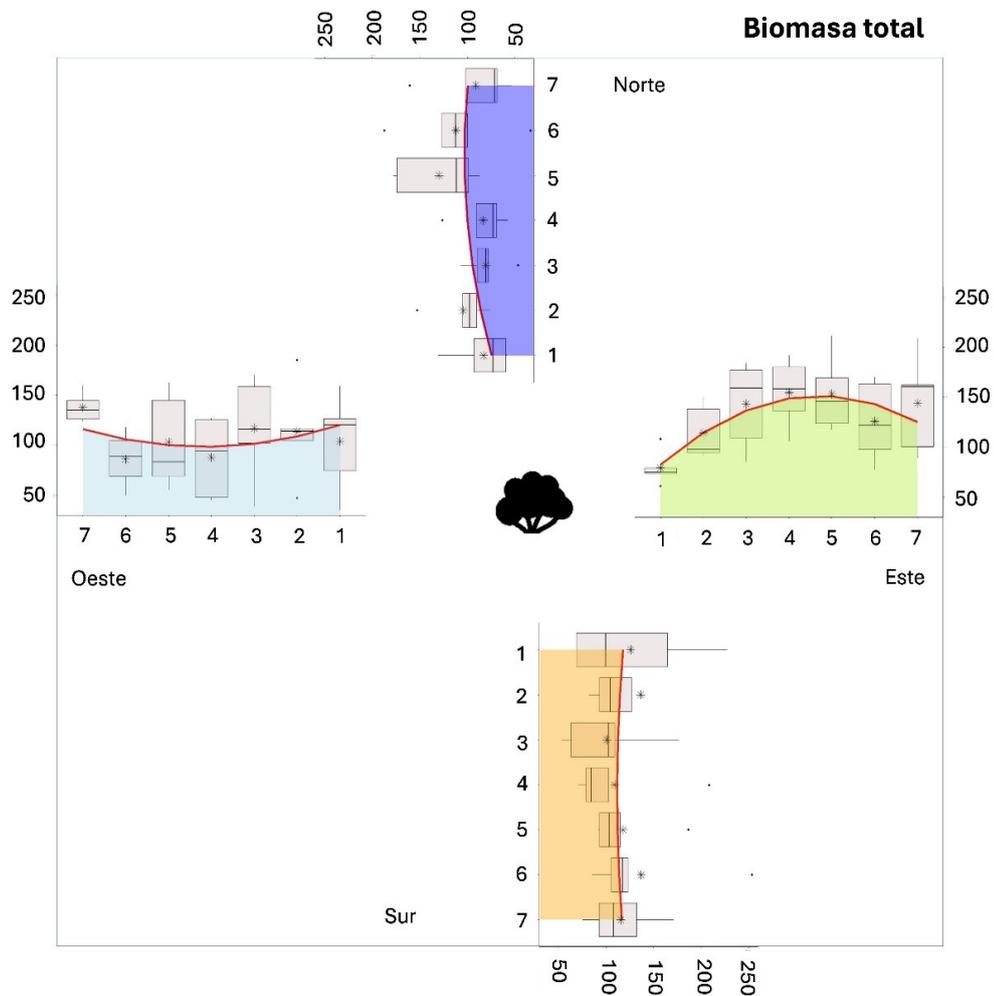


Figura 1. Valores de biomasa aérea total con la distancia al arbusto en las cuatro orientaciones.

Cuando se analizaron los datos de biomasa por familias, los modelos cuadráticos también fueron los que mejor se ajustaron y mostraron efectos simples

significativos de la distancia y la orientación e interacción entre ambas en el caso de gramíneas, y leguminosas (Tabla 1.B-C). La biomasa de leguminosas mostró una tendencia ascendente convexa con la distancia en las cuatro orientaciones, siendo más alta en el este (Figura 2.A). La biomasa de gramíneas (Figura 2.B) mostró un incremento convexo con la distancia en la orientación este y ligeramente cóncavo en el sur, y un descenso con la distancia en las orientaciones norte (convexo) y oeste (cóncavo).

Para la biomasa de las compuestas, los modelos mixtos cuadráticos muestran significación en los efectos simples, así como de la interacción del cuadrado de la distancia con la orientación (Tabla 1.D). La biomasa de compuestas es mayor en la zona más alejada del arbusto especialmente en las orientaciones este y oeste (Figura 2.C).

Finalmente, para el grupo “otras familias” el modelo mixto cuadrático solo mostró un efecto simple significativo de la distancia (Tabla 2.E), con una tendencia decreciente en las cuatro orientaciones (Figura 2.D).

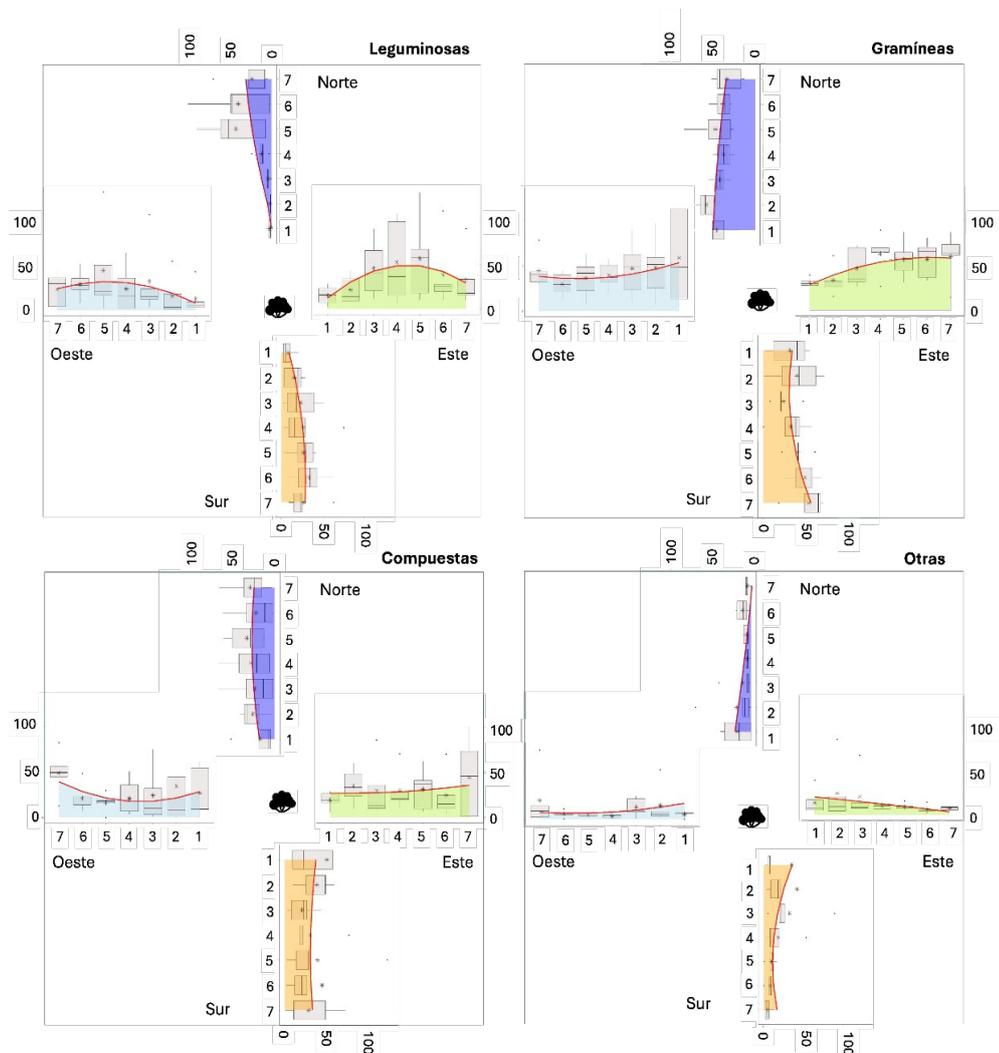


Figura 2. Valores de biomasa de las principales familias con la distancia al arbusto en las cuatro orientaciones.

El test t-Student comparando la media de la predicción de la biomasa total y por familias para todo el área de 1,4 m de radio muestreada alrededor de las cinco plantas de *C.scoparius* con la predicción de los efectos fijos para la posición 7 sur no mostró diferencias significativas (Tabla 3).

*Tabla 3. Resultados del test t-Student comparando los valores de biomasa (total y por familias) predichos por los modelos alrededor de cada una de las cinco plantas de C.scoparius con la predicción de la biomasa para un pasto sin arbustos (predicción de los efectos fijos de la biomasa en la posición 7 en la orientación sur).*

Media ± Error estándar	t-Student		p	
	Con la presencia del arbusto	Sin la presencia del arbusto		
Biomasa total	113,49 ± 0,110	115,15 ± 0,080	-0,203	0,849
Leguminosas	28,65 ± 0,070	29,51 ± 0,022	-0,132	0,901
Gramíneas	43,32 ± 0,055	50,77 ± 0,293	-1,214	0,291
Compuestas	28,21 ± 0,033	32,58 ± 0,051	-0,640	0,557
Otras	10,26 ± 0,044	14,22 ± 0,117	-1,226	0,287

## 5. Discusión

Nuestros resultados no confirman la hipótesis de partida, de que la presencia de plantas aisladas de *C. scoparius* en los pastizales posmineros del norte de España (Guardo; Montaña Palentina) contribuyen a incrementar la acumulación de biomasa en el pasto, si se compara con la biomasa acumulada sin arbustos. Sin embargo, tampoco la reducen, por lo que los arbustos dispersos en un pastizal posminero no tienen un efecto negativo sobre la cantidad de pasto disponible para alimentar al ganado.

En un escenario de cambio climático, en el que los años cada vez más secos se prevé que sean más frecuentes, se esperaría encontrar mayor variabilidad espacial en la producción del pasto entre los enclaves bajo y fuera del arbusto que en años más lluviosos (LÓPEZ-SÁNCHEZ et al., 2016a, 2016b). Por tanto, los pastos posmineros se beneficiarían de las ventajas de la presencia de los arbustos sobre la biomasa, además de sobre otros aspectos como el incremento de biodiversidad (MANSO-ARRIBAS, 2024a), contribuyendo además a mejorar la calidad de los pastos (MANSO-ARRIBAS, 2024b), sin disminuir la biomasa herbácea disponible.

Por otro lado, nuestros resultados evidencian que los arbustos dispersos de *C.scoparius* determinan una segregación espacial de las diferentes familias taxonómicas, cuya contribución a la biomasa total difiere en los distintos microambientes generados por los arbustos, en función de la orientación (norte, sur, este y oeste) y la distancia al arbusto (bajo y alrededor). Como resultado, los arbustos determinan una configuración espacial de la comunidad herbácea muy heterogénea, como también se ha demostrado al analizar los cambios inducidos por los arbustos en la composición florística del pasto a nivel de especies (MANSO-ARRIBAS, 2024a).



Es bien conocido que los matorrales generan gran heterogeneidad microambiental (PUGNAIRE et al., 1996a; PUGNAIRE et al., 1996b; TEWKSBURY & LLOYD, 2001; DOMÍNGUEZ et al., 2015) que explica los patrones heterogéneos de distribución espacial de las especies y grupos funcionales, ya que los matorrales actúan como islas microclimáticas (VALLADARES et al., 2008) y de fertilidad (GARCÍA-MOYA & MCKELL, 1970; MUÑOZ-CERRO et al., 2023), y las especies y/o grupos funcionales no toleran por igual las diferentes condiciones inducidas por los arbustos (DÍAZ-BARRADAS et al., 2017).

La heterogeneidad ambiental generada a pequeña escala por los arbustos favorece la provisión de nichos para diferentes especies; en particular para aquellas especies que requieren condiciones de sombra o de mayor humedad (MAESTRE et al., 2009) y no están adaptadas a las grandes áreas abiertas características de los ecosistemas posmineros (ALDAY et al., 2014). Pero, además, la heterogeneidad espacial inducida por los arbustos puede extenderse más allá de su cubierta y depender de la orientación (LÓPEZ-PINTOR, 2003).

Por otro lado, la actividad de los herbívoros también podría contribuir a incrementar la heterogeneidad espacial en la distribución de las especies herbáceas. De hecho, la segregación de las especies de plantas a lo largo del gradiente de distancia desde la base del arbusto muy probablemente se debe, al menos en parte, al rol de los ungulados silvestres y domésticos que, a través de la alimentación, pisoteo y excreción, modulan e incrementan la heterogeneidad espacial favoreciendo a algunas especies frente a otras (LÓPEZ-PINTOR, 2003; SIGCHA et al., 2018). De hecho, en estos pastizales posmineros hay una gran abundancia de especies con mecanismos para evitar o soportar la herbivoría en las zonas abiertas, especies como *Bellis perennis*, *Lolium rigidum*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* o *Trifolium repens* (MANSO-ARRIBAS, 2024b).

El papel de los arbustos como barrera física frente a los herbívoros explicaría, al menos en parte, haber encontrado mayor cantidad de biomasa de gramíneas bajo la cubierta del arbusto, especialmente en las orientaciones norte y oeste, aunque no explicaría las diferencias entre orientaciones. El grupo “otras familias” también se podría ver afectado positivamente por la menor presión de ganado bajo la cubierta de arbustos. No obstante, no todas las familias responden igual al gradiente generado por el arbusto y, al considerar la biomasa total, se diluyen las tendencias particulares de cada familia.

Debido a que los matorrales actúan como barreras físicas frente a la herbivoría (GIZICKI et al., 2018; SIGCHA et al., 2018), se esperaría encontrar en la mayoría de los estudios, mayor cantidad de biomasa en las posiciones más cercanas a la base del arbusto. Sin embargo, al influir muchos otros aspectos, como el tipo de ambiente y la variabilidad interanual en las precipitaciones, es frecuente encontrar, en otros estudios, patrones diferentes en cuanto a la cantidad de biomasa de herbáceas a lo largo del gradiente leñosa-espacios abiertos. Así en dehesas de encina, se registran mayores valores de biomasa herbácea fuera de la influencia de los árboles en años secos (LÓPEZ-CARRASCO et al., 2015), o desde la zona del borde (LÓPEZ-SÁNCHEZ et al., 2016a, 2016b).

Por otro lado, la mayor biomasa de gramíneas en ambientes mediterráneos continentales se asocia a condiciones de mayor humedad (ECHAVARRIA, 2008; FERNÁNDEZ-SANTOS et al., 2004), como podrían darse bajo el dosel arbustivo especialmente en las orientaciones norte y oeste, aunque otros autores encuentran más cantidad de gramíneas en las zonas más alejadas de la cubierta del arbusto en



ambientes mediterráneos oceánicos (LÓPEZ-CARRASCO et al., 2015).

En este sentido, en nuestro estudio, se encontró fuera de la cobertura del arbusto un gran número de especies capaces de resistir a la sequía, circunstancia que contrasta con la ausencia de adaptaciones específicas a las condiciones de alta evapotranspiración en especies típicas de la zona bajo la cubierta del arbusto (MANSO-ARRIBAS, 2024b).

En nuestro estudio los arbustos juegan un papel facilitador sobre el grupo “otras familias” en las cuatro orientaciones, al contrario de lo encontrado por FERNÁNDEZ-SANTOS et al. (2004), quienes encuentran mayor biomasa de este grupo en ambientes secos de dehesa de encina. La explicación de tales diferencias podría estar en la gran variedad de familias que integran este grupo, con especies que presentan estrategias muy diferentes. Entre las familias más favorecidas por los arbustos en nuestros pastos posmineros destacan las geraniáceas que alcanzan mayores biomásas bajo el dosel arbustivo (MANSO-ARRIBAS, 2024a).

Al contrario que los grupos anteriores, la biomasa de leguminosas presentó su máximo en la zona de borde, zona que identificamos como de estrés intermedio, lo cual coincide con la ecología del grupo. Este resultado concuerda con lo observado por otros autores que argumentan que las leguminosas presentan desventajas tanto bajo condiciones de mucha humedad como de estrés hídrico (FERNÁNDEZ-SANTOS et al., 2004). Este comportamiento también explica el efecto negativo de los arbustos de otra especie del mismo género (*Cytisus multiflorus*) sobre la cobertura de leguminosas en pastos de dehesas de la provincia de Salamanca (FERNÁNDEZ-SANTOS et al., 2004) y la mayor presencia de leguminosas en áreas posmineras abiertas (PALLAVICINI et al., 2015), como encontramos en nuestro estudio, de una manera más marcada en la orientación norte.

La biomasa de compuestas sigue diferentes patrones con la distancia en función de la orientación, siendo mayor en la zona más alejada del arbusto, especialmente en las orientaciones este y oeste. También, en el caso de las compuestas, es frecuente encontrar en la literatura patrones opuestos en cuanto a la cantidad de biomasa a lo largo del gradiente de distancia a las leñosas, según el ambiente. ECHAVARRIA (2008) encuentra mayor cobertura de compuestas en condiciones de mayor humedad, mientras que RICO y PUERTO (1989-1989) encuentran mayores coberturas de compuestas en la orientación sur. En nuestro estudio, el comportamiento de la familia “compuestas”, tan dependiente de la orientación, podría explicarse por preferencias ecológicas concretas de las especies presentes en el área de estudio, que encuentran su óptimo en diferentes microambientes y ocupan diferentes nichos ecológicos (GRIME, 1977; 2001; PIERCE et al., 2013; MANSO-ARRIBAS, 2024a).

## 6. Conclusiones

La presencia de plantas aisladas de *C. scoparius* en los pastizales posmineros del norte de España (Guardo; Montaña Palentina) no tiene un efecto negativo sobre la cantidad de pasto disponible para alimentar al ganado.

Sin embargo, *C. scoparius* en los pastos posmineros contribuye a incrementar la biomasa del grupo “otras familias” bajo su cubierta, y de gramíneas en las orientaciones norte y oeste. Tanto la biomasa de leguminosas como de compuestas alcanzan su máximo en el borde del dosel arbustivo, y luego se estabiliza en el caso de las compuestas. Por tanto, los arbustos dispersos de *C. scoparius* determinan



una segregación espacial de las diferentes familias taxonómicas, cuya contribución a la biomasa total diferirá en los distintos microambientes generados por los arbustos, en función de la orientación (norte, sur, este y oeste) y la distancia al arbusto (bajo y alrededor).

La alta heterogeneidad en la configuración espacial de la comunidad herbácea generada por los arbustos de *C.scoparius*, a lo largo del gradiente de distancia y la diferente exposición, puede contribuir a incrementar la calidad del pasto, además de a conservar la diversidad.

## 7. Agradecimientos

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del Proyecto de Generación de Conocimiento 2022, RESTORMINE (MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE); Contrato post-doctoral UVa-María Zambrano (CONVREC-2021-11), concedido a Juan García Duro, y contrato INVESTIGO-SEPE 2023 (CP23/178) concedido a Miguel Manso Arribas, ambos financiados por la Unión Europea-NextGenerationEU.

## 8. Bibliografía

AKAIKE, H.; 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In: BRILLINGER, D.; GANI, J.; HARTIGAN, J. (eds.); Second international symposium on information theory, pp. 267-281. Akademiai kiado. Budapest

ALDAY, J.G.; SANTANA, V.M.; MARRS, R.H.; MARTÍNEZ- RUIZ, C.; 2014. Shrub-induced understory vegetation changes in reclaimed mine sites. *Ecol. Eng.* 73, 691-698

ALDAY, J.G.; ZALDÍVAR, P.; TORROBA-BALMORI, P.; FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 2016. Natural forest expansion on reclaimed coal mines in Northern Spain: the role of native shrubs as suitable microsites. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 13606-13616

ALONSO, H.; PUERTO, A.; GÓMEZ, J.M.; 1981. Variaciones de la intensidad de influencia del arbolado en la composición de comunidades de pastizal. *Pastos* 11, 34-46

BADANO, E.I.; CAVIERES, L.A.; 2006. Ecosystem engineering across ecosystems: do engineer species sharing common features have generalized or idiosyncratic effects on species diversity? *J. Biogeogr.* 33, 304-313

BRADSHAW, A.D.; 1997. Restoration of mined lands using natural processes. *Ecol. Eng.* 8, 255-269

COSTA, A.; VILLA, P.; ALONSO, J.A.; GARCÍA- RODRÍGUEZ, F.J.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; FERNANDEZ-SANTOS, B.; 2017. Can native shrubs facilitate the early establishment of contrasted co-occurring oaks in Mediterranean grazed areas? *J. Veg. Sci.* 28, 1047-1056

CRAWLEY, M.J.; 2013. The R book. John Wiley and Sons. Imperial College London at Silwood Park. UK

DÍAZ-BARRADAS, M.C.; ZUNZUNEGUI, M.; ÁLVAREZ-CANSINO, L.; ESQUIVIAS, M.P.; VALERA, J.; RODRÍGUEZ, H.; 2017. How do Mediterranean shrub species cope with shade? Ecophysiological response to different light intensities. *Plant Biol.* 20, 296-306

DOMÍNGUEZ, M.T.; PÉREZ-RAMOS, I.M.; MURILLO, J.M.; MARAÑÓN, T.; 2015.



Facilitating the afforestation of Mediterranean polluted soils by nurse shrubs. *J. Environ. Manage.* 161, 276–286

ECHAVARRIA, M.; 2008. Efectos de *Cytisus multiflorus* (L'Hér) Sweet sobre las comunidades herbáceas, ante diferentes niveles de estrés hídrico en la penillanura salmantina. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca

FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; GÓMEZ, J.M.; GRANDE, G.; TÁRREGA, R.; 1996. Efectos del matorral sobre las herbáceas en la comarca de Sanabria. En: Actas XXXVI R.C. SEEP, pp. 107-112. Logroño

FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 1999. Los matorrales: Formaciones de gran interés ecológico y para la economía humana. En: Cervantes, E. (ed.). Cuestiones de Biología: aportaciones riojanas, pp. 213–228. IER, Logroño

FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; ECHEVARRIA, M.; PUERTO, A.; GARCÍA, J.A.; 2004. Influencia de *Cytisus multiflorus* sobre la calidad y cantidad del pasto en formaciones adehesadas. En: García-Criado, B. et al. (Eds.), Pastos y Ganadería Extensiva, pp. 185-189. Sociedad Española para el Estudio de los pastos, Salamanca

GARCÍA-MOYA, E.; MCKELL., C.M.; 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51, 81–88

GIZICKI, Z.S.; TAMEZ, V.; GALANOPOULOU, A.P.; AVRAMIDIS, P.; FOUFOPOULOS, J.; 2018. Long term effects of feral goats (*Capra hircus*) on Mediterranean island communities: results from whole island manipulations. *Biol. Invasions* 20, 1537–1552

GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; CASTRO, J.; HÓDAR, J.A.; 2008. Facilitation of tree saplings by nurse plants: Microhabitat amelioration or protection against herbivores? *J. Veg. Sci.* 19, 161–172

GONZÁLEZ-BERNALDEZ, F.; MOREY, M.; VELASCO, F.; 1969. Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Pardo Forest (Madrid). *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* 67, 265–284

GRIME, J.P.; 1977. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory. *Am. Nat.* 111, 1169-1194

GRIME, J.P.; 2001. Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties. *Plant Sci.* 161, 813

HUBER-SANNWALD, E.; PYKE, D.A.; 2005. Establishing native grasses in a big sagebrush-dominated site: An intermediate restoration step. *Restor. Ecol.* 13, 292-301

JOHNSON, J.B.; OMLAND, K.S.; 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.* 19, 101-108

LÓPEZ-CARRASCO, C.; LÓPEZ-SÁNCHEZ, A.; SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; 2015. The effect of tree cover on the biomass and diversity of the herbaceous layer in a Mediterranean dehesa. *Grass Forage Sci.* 70, 639-650

LÓPEZ-MARCOS, D.; TURRIÓN, M.B.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 2020. Linking soil variability with plant community composition along a mine-slope topographic gradient: implications for restoration. *Ambio* 49, 337-349

LÓPEZ-PINTOR, A.; 2003. Heterogeneidad espacial en pastizales mediterráneos inducida por especies leñosas: el caso de los retamares del centro de la Península.



En: España ante los compromisos del protocolo de Kyoto. Sistemas Naturales y Cambio Climático, pp. 400-412. AEET, Barcelona

LÓPEZ-PINTOR, A.; EPIGARES, T.; REY-BENAYAS, J.M.; 2003. Spatial segregation of plant species caused by *Retama sphaerocarpa* influence in a Mediterranean pasture: a perspective from the soil seed bank. *Plant Ecol.* 167, 107-1016

LÓPEZ-PINTOR, A.; GÓMEZ-SAL, A.; REY-BENAYAS, J.M.; 2006. Shrubs as a source of spatial heterogeneity – the case of *Retama sphaerocarpa* in Mediterranean pastures of central Spain. *Acta Oecol.* 29, 247-255

LÓPEZ-SÁNCHEZ, A.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; ROIG, S. 2016a. Diferencias en la cubierta de pastos herbáceos de dehesa por influencia del arbolado y la gestión ganadera. En: Innovación sostenible en pastos: Hacia una agricultura de respuesta al cambio climático, pp. 345-350. Reunión científica de la SEEP. Lugo

LÓPEZ-SÁNCHEZ, A.; SAN MIGUEL, A.; LÓPEZ-CARRASCO, C.; HUNTSINGER, L.; ROIG, S. 2016b. The important role of scattered trees on the herbaceous diversity of a grazed Mediterranean dehesa. *Acta Oecol.* 76, 31-38

MAESTRE, F.T.; BOWKER, M.A.; PUCHE, M.D.; HINOJOSA, M.B.; MARTINEZ, I.; GARCÍA-PALACIOS, P.; CASTILLO, A.P.; SOLIVIERES, S.; LUZURIAGA, A.L.; SÁNCHEZ, A.M.; CARREIRA, J.A.; GALLARDO, A.; ESCUDERO, A.; 2009. Shrub encroachment can reverse desertification in semi-arid Mediterranean grasslands. *Ecol. Lett.* 12, 930-94

MANSO-ARRIBAS, M.; 2024a. Papel de los arbustos nodriza en la conservación de la biodiversidad de pastizales posminería en la montaña palentina. Trabajo Fin de Máster de Ingeniería de Montes. Universidad de Valladolid

MANSO-ARRIBAS, M.; 2024b. Shrub benefits on grassland quality and quantity in coal mines rehabilitated for livestock use. Trabajo Fin de Máster en Gestión Forestal Basada en Ciencia de Datos. Universidad de Valladolid

MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación; 1991. Caracterización Agroclimática de la Provincia de Palencia. MAPA. Madrid

MARAÑÓN, T.; BARTOLOMÉ, J.W.; 1993. Reciprocal transplants of herbaceous communities between *Quercus agrifolia* woodland and adjacent grassland. *J. Ecol.* 81, 673-682

MARTÍNEZ-RUIZ, C.; MILDOR, A.I.; LÓPEZ-MARCOS, D.; ZALDÍVAR, P.; FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; 2021. Effect of forest-mine boundary form on woody colonization and forest expansion in degraded ecosystems. *Forests* 12, 773

MICHALET, R.; XIAO, S.; TOUZARD, B.; SMITH, D.S.; CAVIERES, L.A.; CALLAWAY, R.M.; WHITHAM, T.G.; 2011. Phenotypic variation in nurse traits and community feedbacks define an alpine community. *Ecol. Lett.* 14, 433-443

MILDOR, A.I.; FERNÁNDEZ-SANTOS, B.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 2013. Colonization patterns of woody species on lands mined for coal in Spain: preliminary insights for forests expansion. *Land Degrad Dev.* 24, 39-46

MORO, M.J.; PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; 1997a. Effects of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. *Funct. Ecol.* 11, 425-431

MORO, M.J.; PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; 1997b. Mechanisms of interaction between a leguminous shrub and its understorey in a semi-arid environment. *Ecography* 20, 175-184



- MUÑOZ-CERRO, E.; GARCÍA-DURO, J.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; LÓPEZ-MARCOS, D.; 2023. Soil amelioration induced by nurse shrubs in coal mines reclaimed to pastures and their synergistic effects with grazing. *Agric. Ecosyst. Environ.* 350, 108483
- PALLAVICINI, Y.; ALDAY, J.G.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 2015. Factors affecting herbaceous richness and biomass accumulation patterns of reclaimed coal mine. *Land Degrad Dev.* 26, 211-217.
- PIERCE, S.; BRUSA, G.; VAGGE, I.; CERABOLINI, B.E.L.; 2013. Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. *Funct. Ecol.* 27, 1002-1010
- PINHEIRO, J.C.; BATES, D.M.; 2000. *Mixed-Effects Models in S and S-Plus*. Springer. New York
- PINHEIRO, J.C.; BATES, D.M.; R-CORE TEAM; 2023. *Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-162
- PRIETO, I.; PADILLA, F.M.; ARMAS, C.; PUGNAIRE, F.I.; 2011. The role of hydraulic lift on seedling establishment under a nurse plant species in a semi-arid environment. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 13, 181-187
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J.; 1996a. Facilitation between higher plant species in a semiarid Environment. *Ecology* 77, 1420-1426
- PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J.; CUETO, M.; CLARK, S.C.; INCOLL, L.D.; 1996b. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in South-East Spain. *Oikos* 76, 455-464
- PULIDO, M.; SCHNABEL, S.; LAVADO-CONTADOR, J.F.; LOZANO-PARRA, J.; GONZÁLEZ, F.; 2018. The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degrad. Dev.* 29, 219-230
- R-CORE TEAM; 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R foundation for Statistical Computing
- RICO, M.; PUERTO, A.; 1988-1989. Estructura básica generada por el arbolado en pastos semiáridos (ecosistemas de dehesa). *Pastos* 18-19, 13-28
- RICHARDS, S.A.; 2005. Testing ecological theory using the information-theoretic approach: Examples and cautionary results. *Ecology* 86, 2805-2814
- SIGCHA, F.; PALLAVICINI, Y.; CAMINO, M.J.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; 2018. Effects of short-term grazing exclusion on vegetation and soil in early succession of a Subhumid Mediterranean reclaimed coal mine. *Plant Soil* 426, 197-209
- TÁRREGA, R.; LUIS, E.; 1988-1989. Influencia de la sabina (*Juniperus thurifera*) sobre el estrato herbáceo en función de la orientación. *An. Biol.* 15, 179-189
- TEWKSBBURY, J.J.; LLOYD, J.D.; 2001. Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127, 425-434
- VALLADARES, F.; ZARAGOZA-CASTELLS, J.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; MATESANZ, S.; ALONSO, B.; PORTSMUTH, A.; DELGADO, A.; ATKIN, O.K.; 2008. Is shade beneficial for mediterranean shrubs experiencing periods of extreme drought and late-winter frosts? *Ann. Bot.* 102, 923-933
- VICKERS, H.; GILLESPIE, M.; GRAVINA, A.; 2012. Assessing the development of rehabilitated grasslands on post-mined landforms in north west Queensland,



Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 163, 72–84