

## **Evaluación de la regeneración natural de *Pinus pinaster* en masas del centro de España**

Rodríguez-García, E.,<sup>1,2,\*</sup> Bravo, F.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 44. 34004. Palencia.

<sup>2</sup> Instituto Universitario de Investigación y Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid-INIA.

\*e-mail: [ergarcia@pvs.uva.es](mailto:ergarcia@pvs.uva.es)

### **Resumen**

La investigación de la regeneración natural y de las influencias de los factores ambientales (abióticos y bióticos) es crucial para los sistemas forestales que dependen parcial o totalmente de la regeneración natural. En este trabajo hemos integrado parte de los resultados más importantes de 3 estudios, realizados recientemente, sobre la ecología de la regeneración natural de *P. pinaster* en masas mediterráneas del centro de España. Los objetivos de estos estudios fueron: 1) conocer la aptitud de diferentes rodales forestales de *Pinus pinaster* designados para regeneración natural y analizar la dinámica de establecimiento y la relación entre la regeneración y diferentes factores de sitio; 2) analizar experimentalmente los efectos de la presencia del matorral, la cobertura de dosel y el tamaño del regenerado en el crecimiento relativo de *P. pinaster*, y 3) estudiar la influencia de la estructura del dosel arbóreo, matorral y las propiedades edáficas en la dinámica de establecimiento y supervivencia de plántulas de esta especie. Diferentes métodos estadísticos, principalmente técnicas de análisis multivariante, fueron empleados. Los resultados sugieren que aunque son muchos los factores que contribuyen a una gran variabilidad en la regeneración de ésta especie, la regeneración fue muy exitosa en las masas forestales estudiadas. La precipitación influyó significativamente en la densidad de regenerado y en el estado de desarrollo de la regeneración; de forma que las propiedades edáficas combinadas con la disponibilidad de agua de la precipitación podrían limitar el establecimiento natural de *P. pinaster* en sistemas xéricos o durante años de sequía intensa. El efecto del matorral en el crecimiento relativo de la regeneración varió con la cobertura del dosel arbóreo. El estatus social y el tamaño de la regeneración parecieron determinar la respuesta del crecimiento un año después del tratamiento de eliminación del matorral. La emergencia natural y la supervivencia de las plántulas de *P. pinaster* recién establecidas fue significativamente mejor en condiciones de cobertura de dosel cerrado que en condiciones de dosel abierto durante dos años consecutivos de estudio. La proximidad de las plántulas al matorral en condiciones de cobertura de dosel cerrado estuvo asociada con menores tasas de mortalidad durante el verano. Estos resultados sugieren que las plántulas de especies intolerantes a la sombra podrían requerir cobertura de dosel para establecerse exitosamente, y que las interacciones planta-planta positivas en comunidades forestales podrían ser más importantes de lo esperado en condiciones climáticas templadas proporcionadas por la cobertura de un dosel arbóreo.

**Palabras clave:** Dosel; Facilitación; Factores abióticos; Gestión; Precipitación; Rodal.

1. Introducción

La regeneración de los bosques es una de las principales actividades selvícolas de la gestión forestal. Se trata de un proceso que incluye: asegurar una fuente de semillas y plántulas después de una corta o perturbación, preparación del sitio, siembra o regeneración natural, evaluación del stock y protección de las plántulas establecidas frente a la competencia y la herbivoría (Tappeiner *et al.*, 2007), y el estrés ambiental. El establecimiento de las plántulas después de la corta de regeneración o una perturbación (fuego, tormenta, etc.) es el primer paso y el más crítico por las altas tasas de mortalidad que presentan las plántulas, y determina la estructura, las condiciones del hábitat y las opciones selvícolas futuras (Keyes & Maguire, 2005). El estudio de la regeneración natural como proceso es complejo ya que está formado por varias etapas sucesivas que dependen unas de otras, y donde el éxito de las cuales depende de diversos factores de sitio, ya sean bióticos (e.g. interacciones planta-planta) o abióticos (e.g. clima, propiedades edáficas). A esta complejidad hay que añadirle otras, ya que el bosque se entiende como una comunidad biológica, o más comprensiblemente, como un ecosistema que funciona a diferentes escalas espaciales y temporales (Tappeiner *et al.*, 2007). Es por esto que el estudio de las influencias de los factores de sitio en la regeneración natural es crucial para los sistemas forestales que dependen parcial o totalmente de ella para regenerarse (Keyes and Maguire, 2005). *Pinus pinaster* Ait. es una especie mediterránea ampliamente

**Tabla 1.** Principales características de los rodales estudiados de *Pinus pinaster* en cinco poblaciones del centro de España (Rodríguez-García *et al.*, 2011b)

<i>D</i>	<i>Po</i>	<i>Localidad</i>	<i>R</i>	<i>Localización</i>	<i>N</i>	<i>ST</i>	<i>SA</i>	<i>ABa</i> (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	<i>DSS</i> (m)	<i>Alt</i> (m.s.n.m.)
CH	MC	Olmedo	1	41°15'N - 4°45'W	22	6	2007	8,80 ± 2,9	20,70 ± 33	750 ± 15
		Cuéllar	2	41°30'N - 4°30'W	23	4	2005	9,93 ± 3,7	9,89 ± 9	788 ± 12
		Cuéllar	3	41°30'N - 4°30'W	16	3	2005	652 ± 57	10,00 ± 18	795 ± 39
AC	GD	San Marcos	7	40°33'N - 4°20'W	13	2	2007	12,88 ± 3,1	4,61 ± 3,1	1261 ± 11,3
		Valeriano	8	40°33'N - 4°20'W	14	10	2007	12,32 ± 2,7	3,96 ± 3,1	1097 ± 12,3
F	GH	Cilleros	9	40°30'N - 6°30'W	26	5	2006	0,58 ± 2,2	27,90 ± 25,0	351 ± 24,9
		Descargamaría	10	40°30'N - 6°30'W	25	7	2006	0,38 ± 1,5	58,14 ± 42,9	607 ± 61,5
		Erias	11	40°30'N - 6°30'W	30	6	2006	0,00 ± 0,0	90,68 ± 28,4	804 ± 89,7
EN	MG	Casal	12	40°24'N - 0°45'W	29	7	2006	23,07 ± 6,9	2,95 ± 1,3	1115 ± 32,9
		Morrón	13	40°24'N - 0°45'W	29	4	2006	24,12 ± 4,4	2,63 ± 1,1	1101 ± 32,9
	AB	Toribio	14	40°20'N - 1°20'W	9	3	2007	31,61 ± 11,6	56,91 ± 51,1	1375 ± 32,7
		Navazo	15	40°20'N - 1°20'W	5	4	2007	29,20 ± 5,5	3,15 ± 1,5	1321 ± 15,6
		Dornaquejos	16	40°20'N - 1°20'W	6	4	2007	15,50 ± 6,4	4,08 ± 2,6	1259 ± 10,5
		Gea	17	40°20'N - 1°20'W	6	3	2007	11,92 ± 6,6	4,76 ± 2,8	1209 ± 15,2

D, perturbación; CH, corta a hecho en dos tiempos con reserva de árboles semilleros; AC, aclareo sucesivo; F, fuego; EN, entresaca; Po, población; MC, Meseta Castellana; GD, Guadarrama; GH, Sierra de Gata-Las Hurdes; MG, Maestrazgo; AB, Albarracín; R, Rodal; N, número de parcelas por rodal; ST, años transcurridos desde la perturbación hasta el año del muestreo (SA); ABa, área basimétrica; DSS, distancia más cercana a la fuente de semilla; Alt, altitud.

distribuida en España en masas fragmentadas o poblaciones adaptadas a condiciones edáficas y climáticas regionales diferentes (Alía *et al.*, 1999). La regeneración natural de esta especie después de una intervención selvícola o después de incendio es considerada como fácil, aunque existe poca información sobre los efectos de la gestión forestal (González-Alday *et al.*, 2008; Rodríguez y Madrigal, 2008; Rodríguez *et al.*, 2008). En este trabajo se resumen parte de los resultados más importantes de varios estudios realizados recientemente (Rodríguez-García *et al.*, 2010; Rodríguez-García *et al.*, 2011a; Rodríguez-García *et al.*, 2011b; Rodríguez-García *et al.*, 2011c) sobre la ecología de la regeneración natural de *P. pinaster* en masas forestales del centro de España. Los objetivos de los estudios fueron:

- 1.— Conocer la aptitud de diferentes rodales forestales de *Pinus pinaster* designados para regeneración natural y analizar la dinámica de establecimiento y la relación entre la regeneración y diferentes factores de sitio.
- 2.— Analizar experimentalmente los efectos de la presencia del matorral, la cobertura de dosel y el tamaño del regenerado en el crecimiento relativo de *P. pinaster*.
- 3.— Estudiar la influencia de la estructura del dosel arbóreo, matorral y las propiedades edáficas en la dinámica de establecimiento y supervivencia de plántulas de esta especie.

## 2. Material y métodos

Para llevar a cabo los tres objetivos presentados arriba se realizaron varios estudios en campo, entre el 2005 y 2010, en 17 rodales de *Pinus pinaster* puestos en regeneración natural en los 10 años previos al momento del muestreo (*Tabla 1*), y distribuidos a lo largo del Sistema Central e Ibérico Meridional. El método selvícola de regeneración varió en función de la zona de procedencia de los rodales seleccionados. También se contó con rodales donde la regeneración natural de *P. pinaster* se estaba produciendo después de un incendio forestal (*Tabla 1*).

Para el desarrollo del objetivo 1, se llevó a cabo un muestreo sistemático dentro de cada rodal seleccionado (*Tabla 1*). Se utilizaron parcelas circulares de 2.5 m de radio para medir numerosas variables biométricas, de vigor y estatus de los regenerados ( $\text{dbh} < 7.5$  cm), variables ambientales o factores de sitio (suelo, clima, vegetación acompañante), y variables relacionadas con la estructura del rodal (distancia a la fuente de semilla, área basimétrica, etc.). En este estudio se valoró la aptitud de cada rodal para la obtención de una regeneración exitosa (entre 2001-5000 plantas/ha), a partir de 10 categorías creadas para identificar los estados de desarrollo de la regeneración en función de la densidad media de las plantas viables por parcela y la altura media de las plantas por parcela (*Tabla 2*), y se identificaron los principales factores ambientales más influyentes en esos estados de la regeneración en función de la procedencia y perturbación asociada al rodal (método selvícola o fuego). Para esto se utilizó un análisis discriminante canónico (CVA), (Leps & Smilauer, 2003; Rodríguez-García *et al.*, 2011b).

**Tabla 2.** Estados de desarrollo de la regeneración establecidos para describir la regeneración natural de *P. pinaster* en función de la densidad media de plantas viables y la altura media por parcela en masas del centro de España (Rodríguez-García *et al.*, 2011b)

VD (N ha <sup>-1</sup> )	Abundancia	Altura (cm)	Estado	Categoría
0	Ausente		Sin regeneración	V0
1-2000	Escasa	0-30	Plántula	V1
		31-130	Juvenil	V2
		>130	Árbol	V3
2001-5000	Deseable	0-30	Plántula	V4
		31-130	Juvenil	V5
		>130	Árbol	V6
>5000	Excesiva	0-30	Plántula	V7
		31-130	Juvenil	V8
		>130	Árbol	V9

VD, densidad de regenerado viable (dominante y sano)

Por otro lado, para cumplir los objetivos 2 y 3 (Rodríguez-García *et al.*, 2011a; Rodríguez-García *et al.*, 2011c) se llevaron a cabo de forma paralela dos ensayos en el rodal 8 (Tabla 1), en un conjunto de parcelas circulares (15m) y estratificadas en función de la cobertura del dosel arbóreo del rodal. Para ello se establecieron dos tipos de cobertura de dosel: zonas abiertas (huecos) con una densidad media de 56,59 árboles ha<sup>-1</sup>, y zonas de cobertura cerrada con una media de 146,19 árboles/ha. El primer ensayo (objetivo 2) consistió en un experimento de eliminación de matorral que comenzó en el año 2008. El sotobosque del rodal 8 estaba compuesto por matorral de *Cistus ladanifer*. Para llevar a cabo este experimento, dentro de cada parcela (15 m) por tipo de dosel (abierto/ cerrado) se identificaron tres situaciones de relación entre el matorral y el regenerado juvenil presente:

- 1.– Plantas creciendo libres de la influencia del matorral.
- 2.– Plantas creciendo en presencia de matorral.
- 3.– Plantas creciendo en presencia de matorral, el cual fue eliminado (1 m de superficie alrededor de la planta seleccionada) a comienzos del ensayo en marzo (eliminación de parte aérea con tijeras de podar).

Se seleccionaron plantas de *P. pinaster* de tres tamaños relativos diferentes (T1, sumergidas; T2, intermedias; T3, emergentes) con respecto al matorral. El parámetro calculado para evaluar el efecto del matorral, el tipo de dosel y el tamaño de la planta fue la tasa de crecimiento relativo en volumen (RGR-vol) en una estación de crecimiento (2008-2009). Para el análisis se utilizó un Modelo Lineal General (GLM), (Rodríguez-García *et al.*, 2011c). Por otro lado, dentro de cada parcela de 15 metros se establecieron otras subparcelas circulares de 2,5 m, donde se caracterizaron diversas variables ambientales o factores de sitio (ambiente lumínico, propiedades físico-químicas del suelo y microclima).

En el segundo ensayo (objetivo 3) se hizo un seguimiento mensual, durante dos años, de la emergencia natural y supervivencia de plántulas en parcelas circulares de

1 m (teniendo como referencia el centro de las parcelas de 2.5 m). Con este estudio se analizó la probabilidad de mortalidad durante el verano de las plántulas emergidas entre Marzo de 2008 y enero de 2010, y el efecto de diferentes factores de sitio (los medidos en las parcelas de 2.5m) en esa probabilidad de mortalidad. El análisis se llevó a cabo mediante modelos lineales generalizados (GLZ) con función Logit (Rodríguez-García *et al.*, 2011a).

### 3. Resultados y discusión

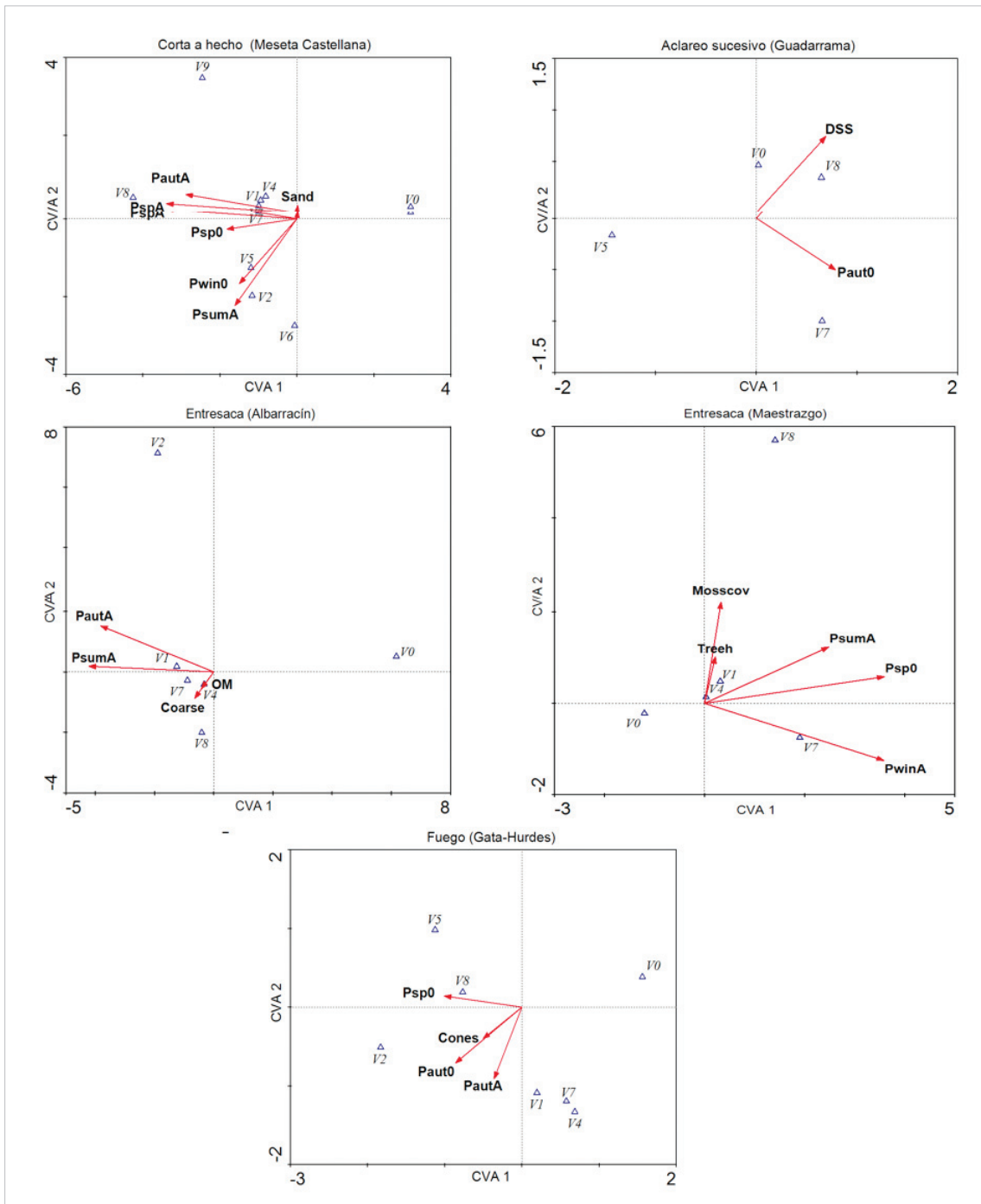
#### 3.1 Factores condicionantes de la regeneración natural de *P. pinaster* en masas del centro de España, y aptitud de las masas para la regeneración

El estudio sobre la aptitud de las masas para la regeneración y su relación con los factores de sitio, indica que la regeneración natural de *Pinus pinaster* es un proceso dependiente de múltiples factores o variables ambientales (Rodríguez-García *et al.*, 2011b), dependientes a su vez de las condiciones locales y de microsítio. El efecto de los factores de sitio en el desarrollo de la regeneración varió en función de la población y perturbación asociada (*Figura 1*), pero se observó un efecto generalizado del clima, donde la precipitación fue la variable significativa más importante a nivel regional (Rodríguez-García *et al.*, 2011b). Las propiedades edáficas y otros factores relacionados con los lechos de germinación de las semillas (e.g. cobertura de musgo, contenido de materia orgánica y porcentaje de elementos gruesos en el suelo) parecieron ser muy importantes en las poblaciones de Maestrazgo y Albaracín, ambas sometidas a entresaca. La estructura del dosel arbóreo (influencia significativa de la distancia a la fuente de semilla y altura media de los árboles de dosel) fue relativamente importante en rodales del Maestrazgo sometidos a entresaca y en rodales de Guadarrama sometidos a aclareo sucesivo, en comparación con el resto de rodales estudiados. Los resultados resaltan la importancia de conocer el umbral de precipitación por encima del cual se producirá un pico de regeneración o un evento de establecimiento importante, así como el efecto del cambio climático en la regeneración natural de esta y otras especies forestales en sistemas Mediterráneos.

El estudio indica claramente que la regeneración natural puede ser muy efectiva (exitosa) en masas de *Pinus pinaster* del centro de España (por ejemplo se pueden programar las cortas en otoño de años con abundante precipitación), y que puede ser una opción forestal viable en otros tipos de masas. De los rodales evaluados, solamente tres (rodal 1, rodal 9 y rodal 17, *Tabla 1*) presentaron menor densidad de planta viable, de la deseable (entre 2000-5000 plantas/ ha).

#### 3.2 Efectos del matorral y la cobertura de dosel en el crecimiento relativo de plantas de *P. pinaster* de diferentes tamaños

Los resultados de este estudio (Rodríguez-García *et al.*, 2011c), muestran interacciones positivas y negativas simultáneas entre el matorral de *Cistus ladanifer* y el re-



**Figura 1.** Biplots de los análisis discriminantes (Canonical Variates Analyses, CVAs) de los estados de desarrollo de la regeneración (Tabla 2) y su relación con las variables ambientales medidas. Sólo aparecen las significativas ( $p < 0.05$ ). Paut0, precipitación de otoño en el año central de establecimiento; PautA, precipitación en otoño del año previo al año central de establecimiento; Psp0 y Pwin0, precipitación en primavera e invierno, respectivamente, en el año central de establecimiento; PsumA y PwinA, precipitación en verano y en invierno en el año previo al año central de establecimiento; Sand, % de arena; DSS, distancia (m) más cercana a la fuente de semilla; OM y Coarse, % de materia orgánica y % de elementos gruesos en el suelo (primeros 20 cm), respectivamente; Mossco, cobertura (%) de musgo sobre el suelo; Treeh, altura (m) de los árboles adultos del dosel (Rodríguez-García *et al.*, 2011b).

generado de *Pinus pinaster* en una misma estación de crecimiento, lo que coincide con resultados previos (Holmgren *et al.*, 1997; Holzapfel & Mahall, 1999; Gómez-Aparicio *et al.*, 2005). Los análisis de varianza (GLM) también muestran que el tamaño del regenerado antes de un tratamiento de eliminación de matorral puede determinar significativamente (efecto simple del tamaño  $p < 0.001$ ) la respuesta después de la eliminación. El tipo de tratamiento de control de la vegetación también puede influir en esta respuesta dependiendo del tipo de dosel (interacción entre dosel y tratamiento de matorral,  $p < 0.01$ ). La respuesta, en crecimiento relativo en volumen, a la eliminación del matorral fue baja en general excepto en las plantas de tamaño intermedio en condiciones de dosel arbóreo abierto. Esto sugiere la necesidad de utilizar, además del crecimiento, otro estimador para evaluar el estado de la planta y la interacción con el matorral. Se observó, en parcelas de dosel cerrado, un cambio de signo en la interacción matorral-regenerado de positivo (en el RGR en volumen del regenerado) a negativo cuando el regenerado incrementó en tamaño, mientras que en parcelas de dosel abierto, la interacción fue negativa para todos los tamaños de planta. Las condiciones microclimáticas y edáficas estuvieron influenciadas significativamente por la cobertura del dosel arbóreo y la presencia o no del matorral, lo que podría influir en la dinámica de establecimiento de *P. pinaster*. Esta hipótesis fue confirmada en el siguiente estudio sobre dinámica de establecimiento temprana, llevado a cabo de forma paralela.

### 3.3 Efectos de la estructura del dosel, las interacciones planta-planta y las propiedades del suelo en las dinámicas de establecimiento de *P. pinaster*

La emergencia natural y la supervivencia de plántulas de *Pinus pinaster* fueron significativamente mejores en condiciones de cobertura de dosel cerrada que en huecos durante dos años consecutivos (Rodríguez-García *et al.*, 2011a). Los resultados de los modelos lineales generalizados confirmaron la idea de que la radiación solar podría ser un factor muy importante en la definición del nicho de regeneración de *P. pinaster* en masas Mediterráneas, ya que una menor radiación (e.g. mayor área basimétrica, mayor densidad del dosel adulto o mayor cobertura arbórea) estuvo asociada con un incremento en la probabilidad de supervivencia de las plántulas durante las condiciones del verano. Por el contrario, una mayor apertura del dosel arbóreo o mayor porcentaje de transmitancia, estuvo asociada con un incremento de la probabilidad de mortalidad durante el verano. Estos resultados coinciden con los de Ruano *et al.*, (2009), quienes comparando la germinación de semillas sembradas de *P. pinaster* en parcelas de diferente área basimétrica eliminada (0, 25, 50, 100 %), observaron una mayor tasa de supervivencia en parcelas con una retención del 75% del área basimétrica (equivalente a un 54% de apertura de dosel). En nuestro estudio, el patrón de establecimiento de plántulas varió entre el primer y el segundo año de observación, lo que sugiere la existencia de pulsos de establecimiento que varían de un año a otro (Rodríguez-García *et al.*, 2010). Los modelos indicaron que el matorral tuvo un efecto neto fuerte y positivo en la supervivencia de las plántulas, siendo menor la probabilidad de mortalidad para las plántulas establecidas cerca del matorral (Rodríguez-García *et al.*, 2010).

guez-García *et al.*, 2011a). Igualmente, los modelos indicaron que la probabilidad de mortalidad fue menor para las plántulas de mayor edad y tamaño. Las propiedades químicas del suelo también influyeron significativamente en la probabilidad de supervivencia de las plántulas durante el verano (Rodríguez-García *et al.*, 2011a).

## 4. Conclusiones

Las variables ambientales significativas observadas ofrecen la base para la evaluación de las prescripciones selvícolas en los rodales estudiados de *P. pinaster* en masas del centro de España. Es difícil predecir con exactitud cómo ciertas variables afectarán a la dinámica del rodal a largo plazo, pero una evaluación cuidadosa de las variables ambientales que pueden afectar más al desarrollo del rodal, en el marco de el método selvícola que se esté empleando, puede ayudar a los selvicultores a decidir si una serie de acciones necesarias planeadas necesitan ser modificadas, abandonadas o mantenidas, según los objetivos de la gestión. La radiación puede ser un factor clave en la etapa temprana de establecimiento, habiéndose observado menor probabilidad de supervivencia de las plántulas durante el verano, cuanto mayor es la radiación (es decir, menor cobertura, área basimétrica o densidad arbórea del dosel adulto). Esto sugiere que en masas mediterráneas el método de aclareo sucesivo puede ser altamente eficiente para conseguir un establecimiento temprano exitoso. Se propone la gestión del matorral, como otro elemento importante de la selvicultura, para ayudar a la regeneración, ya que la presencia del matorral mejora las condiciones y aumenta la probabilidad de supervivencia en plántulas recién establecidas.

## 5. Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento al *Ministerio de Ciencia e Innovación* por la financiación de los proyectos AGL2001-1780, AGL2004-07094-CO2-O2 y AGL2007-65795, y la beca FPI: BES-2005-7498; a la Agencia Española de Meteorología (AEMET) por la facilitación de los datos climáticos; a todos los técnicos y agentes forestales de Aragón, Cáceres y Castilla y León que nos ayudaron con la selección de los rodales; a Pedro Abati y *La Sociedad de las Navas del Marqués*, S.A.; y a los compañeros del Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales por la asistencia en campo.

## 6. Referencias

Alía, R., Galera, R.M., Martín, S., Agúndez, D., De Miguel, J., Iglesias, S., 1999. El pino negral (*Pinus pinaster* Aiton). En: *Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares españoles*. Monografías del INIA: Forestal n.º 1, p. 239. Madrid.

- Gómez-Aparicio, L., Gómez, J.M., Zamora, R., Boettinger, J.L., 2005. Canopy vs soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *J. Veg. Sci.* 16: 191-198.
- González-Alday, J., Martínez-Ruiz, C., Bravo, F., 2008. Evaluating different harvest intensities over understory plant diversity and pine seedlings in a *Pinus pinaster* Ait. natural stand of Spain. *Plant Ecol.* DOI: 10.1007/s11258-008-9490-2.
- Holmgren, M., Scheffer, M., Huston, M., 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*. 78: 1966-1975.
- Holzapfel, C., Mahall, B.E., 1999. Bidirectional facilitation and interference between shrubs and annuals in the Mojave desert. *Ecology*. 80: 1747-1761.
- Keyes, C.R., Maguire, D.A., 2005. Positive seedling-shrub relationships in natural regeneration of ponderosa pine. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-198, pp. 95-107. Corvallis, OR.
- Leps, J., Smilauer, P., 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Rodríguez-García, E., Juez, L., Bravo, F., 2010. Environmental influences on post-harvest natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. in Mediterranean forest stands submitted to seed-tree selection method. *Eur. J. Forest Res.* 129: 1119-1128.
- Rodríguez-García, E., Bravo, F., Spies, T.A., 2011a. Effects of overstorey canopy, plant-plant interactions and soil properties on *Pinus pinaster* seedling dynamics. *Forest Ecol. Manage.* 262: 244-251.
- Rodríguez-García, E., Gratzer, G., Bravo, F., 2011b. Climatic variability and other site factor influences on natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. *Ann. For. Sci.* 6: 811-823.
- Rodríguez-García, E., Ordóñez, C., Bravo, F., 2011c. Effects of shrub and canopy cover on the relative growth rate of *Pinus pinaster* Ait. seedlings of different sizes. *Ann. For. Sci.* 68, 337-346.
- Rodríguez, R.J., Madrigal, J., 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *atlantica* H. de Villar. En: Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A., (eds.), *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. pp. 367-398. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Rodríguez, R.J., Serrada, R., Lucas, J.A., Alejano, R., Del Río, M., Torres, E., Cantero, A., 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi and Gaussen. En: Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A., (eds.). *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. pp. 399-430. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Ruano, I., Pando, V., Bravo, F., 2009. How do light and water influence *Pinus pinaster* Ait. germination and early seedling development? *Forest Ecol. Manage.* 258: 2647-2653.
- Tappeiner, J.C., Maguire, D.A., Harrington, T.B., 2007. *Silviculture and Ecology of Western U.S. Forests*. Oregon State University Press, Corvallis, OR.

