



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-279

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Demografía de regenerado de *Pinus pinaster* en la Meseta Castellana

DEL PESO, C.1, RUANO, I.1, y BRAVO, F.2

¹ Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid 44. 34004 PALENCIA.

² Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR). Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid 44. 34004 PALENCIA.

Resumen

La gestión de las masas de pino negral de la Meseta Castellana viene supeditada en gran medida a la propia regeneración natural de la masa. Conocer el proceso de establecimiento de los nuevos brinzales y los factores que afectan a la supervivencia de los mismos es un aspecto clave para la persistencia de estos frágiles ecosistemas forestales. Para el estudio de los mismos se utilizan los datos aportados por el dispositivo experimental situado en Cuéllar (Segovia). El lugar de ensayo está situado en una masa homogénea de *Pinus pinaster* llegada a turno, donde se instalaron en 2004 diez parcelas de 70x70 m con cuatro pesos de corta diferentes (0%, 25%, 50% y 100% del área basimétrica). A su vez 25 microparcels de 1x1 m se localizaron en cada parcela del dispositivo. En ellas se ha hecho el seguimiento de la nascencia de plántulas desde 2006 hasta 2015. Se analizan los factores que influyen en la nascencia y pervivencia de los nuevos individuos, entre ellos los aspectos dasométricos de la corta de regeneración y las condiciones ambientales. El análisis de plántulas de *Pinus pinaster* indica un bajo porcentaje de supervivencia (con valores de supervivencia muy bajos que oscilan entre el 4% y 12%). El tratamiento de corta, las condiciones de micrositio y las temperaturas del mes de julio resultaron significativas e influyen directamente en la supervivencia del regenerado al primer verano, siendo el modelo probabilístico que las incluye el que mejor explica dicho fenómeno.

Palabras clave

Regeneración natural, pinares, pino negral, brinzal

1. Introducción

El estudio sobre regeneración natural se llevó a cabo en una masa de *Pinus pinaster* situada en Cuéllar, provincia de Segovia (757 m snm; 41° 22' N, 4° 29' W; región de procedencia «Meseta Castellana»). El clima es mediterráneo semiárido con una temperatura media anual de 11,2°C y una precipitación media anual de 461 mm, que aparece principalmente en primavera e invierno, dando como consecuencia un periodo de sequía desde mediados de junio hasta mediados de septiembre (MAPA, 1987). El sustrato edáfico es arenoso silíceo originado en el cuaternario, con escasa capacidad de retención de agua y pobre en nutrientes (Junta de Castilla y León, 1988).

La regeneración natural de las masas forestales está íntimamente ligado a dos grandes grupos de factores: 1) las condiciones naturales de la estación forestal (clima suelo, predación, topografía...) y 2) el manejo selvícola del sistema forestal, donde las cortas de regeneración y la densidad de la masa son aspectos relevantes.

Aunque en muchos casos *Pinus pinaster* se considera una especie pionera con un fuerte poder regenerativo (Loewe et al. 2000), las difíciles condiciones edáficas (suelos arenosos con poca fertilidad y escasa retención de agua), la sequía estival presente y la gestión forestal en la zona de estudio, centrada en la extracción de resina, hace que no siempre se consiga la regeneración natural de las masas de pinares de la Meseta Castellana.



Los procesos de establecimiento y supervivencia del regenerado están muy relacionados con la germinación de la semilla y son especialmente complejos en ambientes mediterráneos, debido principalmente al estrés hídrico durante el verano y las interacciones con otros factores. Existen trabajos realizados en vivero, sobre la germinación, supervivencia y el crecimiento en distintas condiciones hídricas, de sombra y fertilidad para la especie que indican que la luz, el nitrógeno o incluso la procedencia de la semilla son factores importantes en el desarrollo de las plántulas en los primeros estadios, así como lo son las condiciones de dosel cerrado y el matorral asociado que ejerce un papel facilitador de la supervivencia de plántulas (Rodríguez-García et al., 2013).

Generalmente los estudios de esta fase se relacionan con la falta de regenerado siendo escasos los trabajos que ahonden en condiciones de altas densidades de plántulas donde se producen limitaciones en la regeneración por un exceso de competencia por la luz, el agua o los nutrientes (Ruano, 2016).

En muchos casos la regeneración de las masas naturales tras perturbación (cortas de regeneración, incendios...) es muy heterogénea y dependiente de las condiciones de micrositio (sustratos de germinación, agua, nutrientes, luz o temperatura) (Rodríguez et al., 2012).

Otro de los aspectos analizados vinculado al establecimiento y la supervivencia de las plántulas en los primeros estadios es la variación de la composición florística que se produce después de las cortas de regeneración. Al respecto se apunta a una combinación de factores que incluiría una disminución de la entrada de semilla, una alteración del microclima del sotobosque con aumento de la radiación solar y reducción de disponibilidad hídrica, una alteración de las capas superficiales debida a los trabajos selvícolas y por último el aumento de la competencia por el agua y los nutrientes entre plántulas y especies herbáceas anuales capaces de secar los primeros centímetros de suelo (González-Alday et al., 2009). del Peso et al. (2013) constata la correlación entre valores elevados de pinocha y buena nascencia y supervivencia del regenerado.

2. Objetivos:

El conocimiento de la estrategia reproductora de la especie es un elemento clave para el cambio global en los próximos años. En este trabajo se pretende contestar a las siguientes cuestiones:

1. ¿Influye las condiciones de clima (temperatura y pluviometría) en la supervivencia de las plántulas al primer verano de establecimiento?
2. ¿Influye el tratamiento de corta de regeneración en la supervivencia del regenerado?
3. ¿Influyen las condiciones dasométricas de masa (variables de subparcela) en dicha supervivencia?

3. Materiales y métodos

El muestreo se realizó sobre una zona homogénea en cuanto a condiciones abióticas y estructura del pinar, dentro del monte Nº 32 "COMÚN DE LA TORRE Y JARAMIELA" de Cuéllar (Segovia), incluido en el dispositivo experimental de regeneración natural de *Pinus pinaster* del Instituto Universitario de Investigación sobre Gestión Forestal Sostenible (iuFOR, Universidad de Valladolid). En el mismo se delimitaron 10 parcelas (70 m x 70 m) con distintos tratamientos de regeneración (P1 a P10) (figura 1). Cada nivel de corta está repetido tres veces situando las parcelas al azar, diseñado mediante parcelas

divididas (Split-plot). Las intensidades de corta sobre el área basimétrica incluidas en el área de estudio han sido: cortas del 100% (parcelas 1, 3 y 9), 50% (parcelas 6, 7 y 8), 25% (parcelas 2, 4 y 5). La parcela 10 permaneció como control sin recibir tratamiento alguno de corta de regeneración.

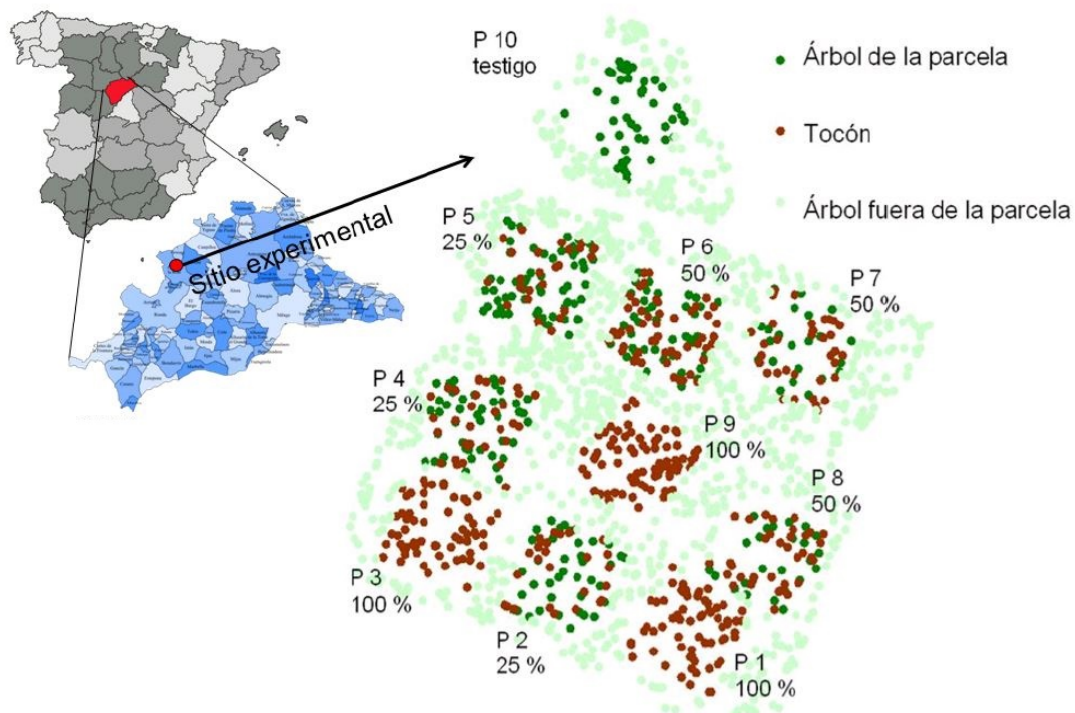


Figura 1: Localización del dispositivo experimental de Mata de Cuéllar (Segovia) y mapeo de las parcelas.

Dentro de cada parcela se dispusieron 24 microparcelas de 1 m² y una parcela central de 4 m², en un diseño sistemático con una separación de 14 m. En ellas se realizó el seguimiento de la demografía de plántulas a través de su etiquetado individual (figura 2). El monitoreo de las parcelas de regenerado se ha realizado durante el periodo comprendido entre 2006-2014 (ambos inclusive). Los datos han sido agrupados para su análisis por años agrícolas y parcelas (con inicio el 1 de octubre y finalización 30 de septiembre del año siguiente, siendo la referencia el año que contiene el verano). La serie de datos climáticos se ha obtenido de la red inforiego de la estación de Olmedo, a 15 km del sitio experimental (www.inforiego.es) para el periodo considerado.

Con los datos obtenidos, tras los análisis, se procedió a la implementación de un modelo logístico binomial para predecir el éxito de la regeneración, cuya forma general es la siguiente:

$$P = \frac{1}{(1 + e^{-b_0 - \sum b_i x_i})}$$

donde P es la probabilidad de supervivencia de la regeneración al primer verano, b_0 es el término independiente y $\sum b_i x_i$ es una combinación lineal de parámetros b_i y variables x_i . Se ha tomado como modelo base uno en el que la única variable explicativa era la intensidad de la corta (en % del área basimétrica eliminada) para después añadir

sucesivamente las variables de subparcela (representada por el área basimétrica, en m^2/ha , comprendida en un radio de 7,98 metros ($200 m^2$) alrededor de la parcela de regenerado de $1 m^2$), de microparcela (distancia al árbol más cercano) y finalmente climáticas (ensayando tres diferentes parámetros: temperaturas medias y máximas del mes de julio y precipitaciones del mismo mes).



Figura 2: Etiquetado de plántulas de regenerado de *Pinus pinaster*. El seguimiento de la regeneración natural se hacía de forma intensiva cada 15 días en el periodo de nascencias (de abril a septiembre). El resto del año se hacía un conteo mensual del regenerado.

La ecuación logística fue formulada para aceptar una variable dicotómica dependiente, como el indicador de supervivencia al verano (la supervivencia de la plántula al verano se codificó como 1 y la no supervivencia como 0). Los parámetros de la ecuación final fueron estimados mediante métodos de máxima verosimilitud, y la evaluación de los cinco modelos exploratorios propuestos fue en función del criterio de información de Akaike (AIC). Así mismo se analizan los odds ratio o cociente de probabilidades (Probabilidad de supervivencia/Probabilidad de mortandad).

La ecuación logística ha sido ampliamente utilizada para modelizar diferentes eventos binarios en investigación forestal (Hamilton, 1976, 1986; Monserud & Sterba, 1999; Álvarez et al., 2004; Bravo-Oviedo et al., 2005). Rodríguez-García et al. (2007) utilizaron la ecuación logística para el análisis de la regeneración natural en los pinares sorianos de pino negro.

Los modelos ensayados han sido los siguientes:

Tabla 1: Modelos ensayados a partir de las siguientes variables: % del área basimétrica eliminada (CORTA), área basimétrica (G en cm^2) comprendida en un radio de 7,98 metros ($200 m^2$) alrededor de la parcela de regenerado de $1 m^2$, distancia al árbol más cercano (DIST) y temperatura media del mes de julio del año de referencia (tempmed7).

modelo	variables (x_i)
0	CORTA
1	CORTA, G
2	CORTA, G, DIST
3	CORTA, G, tempmed7
4	CORTA, G, tempmax7
5	CORTA, G, Precip7

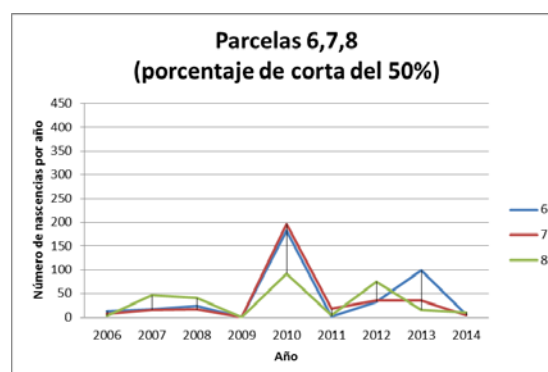
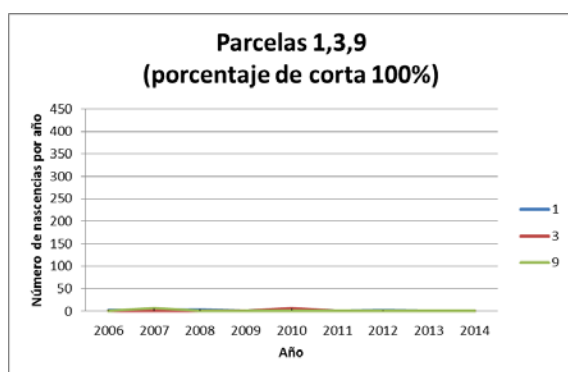
El modelo finalmente se seleccionó a partir del Criterio de Información de Akaike (AIC) siempre que todas las variables explicativas sean significativas.

4. Resultados y discusión

El monitoreo continuado de las nascencias en las parcelas de corta ha permitido recoger toda la variabilidad posible en un amplio espacio de tiempo (aproximadamente la mitad del periodo de regeneración para la especie en la zona de estudio). Los datos obtenidos se recogen en la tabla 2 y de forma gráfica en la figura 3.

Tabla 2: Valores de nascencias en las parcelas de corta (distintas intensidades). Período 2006-20014. Sitio experimental de Cúellar.

AÑO	total nacidas	Parcela de corta (% de corta)									
		1 100 %	2 25 %	3 100 %	4 25 %	5 25 %	6 50 %	7 50 %	8 50 %	9 100 %	10 0 %
2006	225	2	18	0	6	110	13	7	3	1	65
2007	486	2	50	0	20	111	17	16	46	7	217
2008	225	4	23	0	1	40	24	17	41	0	75
2009	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
2010	1658	5	329	7	70	423	182	197	92	1	352
2011	102	0	13	0	1	28	2	18	5	0	35
2012	358	2	34	0	1	107	33	36	75	0	70
2013	493	0	86	0	6	131	99	36	16	0	119
2014	48	0	4	0	0	18	6	4	10	0	6
total plántulas nacidas	3600	15	557	7	105	970	376	331	288	9	942
densidades de nascencia (plántulas/ha)		5357	198929	2500	37500	346429	134286	118214	102857	3214	336429
plántulas que sobreviven al primer verano (plántulas/ha)		357	3929	0	357	23571	3929	5357	4643	357	30000
(%)		6,7%	2%	0%	1%	7,3%	3%	4,7%	4,7%	12,5%	4,8%



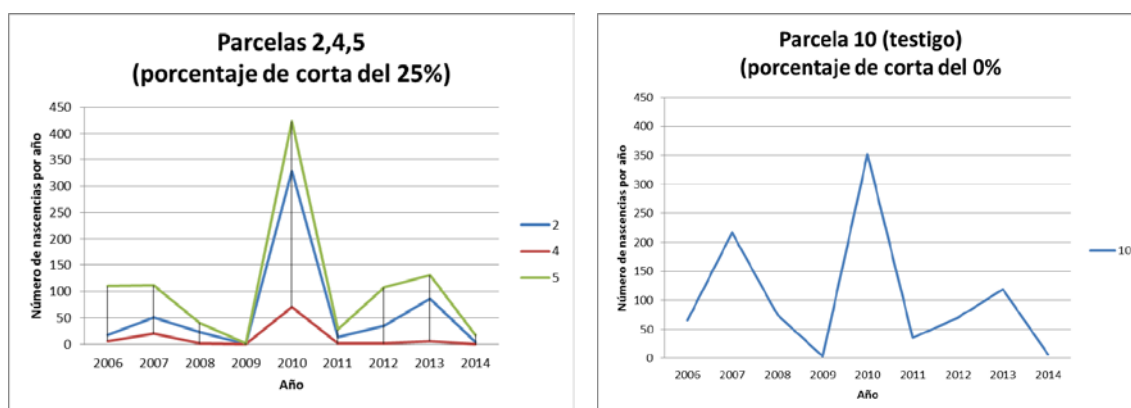


Figura 3: Número de nascencias por año en el periodo considerado (2006-2014) en las distintas intensidades de corta (100%, 50%, 25% y 0% del área basimétrica).

Los modelos fueron ordenados de acuerdo al AIC (de menor a mayor) siendo seleccionado el modelo 3 al ofrecer valores del índice de Akaike más pequeños (tabla 3). Los modelos 2 y 5 se desestiman al resultar no significativas las variables DIST y Precip7 respectivamente.

Tabla 3. AIC (índice de Akaike) para los distintos modelos analizados

MODELO	AIC	VARIABLES SIGNIFICATIVAS
0	1546,3	CORTA
1	1539,8	CORTA, G
2	1540,4	CORTA, G (DIST es no significativa)
3	1490,2	CORTA, G, DIST
4	1512,3	CORTA, G, tempmax7
5	1520,2	CORTA, G (Precip7 es no significativa)

El modelo seleccionado tiene como variables explicativas el tipo de CORTA (definido como el porcentaje de reducción del área basimétrica a escala parcela), el área basimétrica (G) remanente en el entorno de la plántula (parcela circular de 200 m²), y la temperatura media del mes de julio (tempmed7). Los valores estimados de las variables y los odds ratio se recogen en la tabla 4 y 5 respectivamente.

Tabla 4: Valores estimados de los parámetros para el Modelo 3. Valores de b_0 (término independiente) y valores de b_i para las distintas variables analizadas x_i : % del área basimétrica eliminada (CORTA), área basimétrica (G) comprendida en un radio de 7,98 metros (200 m²) alrededor de la parcela de regenerado de 1 m² y temperatura media del mes de julio del año de referencia (tempmed7). Signif. Codes: 0 “***”, 0.001 “**”, “*” 0.05, “.” 0.1, “ ” 1.

	Estimador	Error Estandar	z value	Pr (> z)
Término independiente	4.228093	1.292863	3.270	0.001074 **
CORTA	-0.012449	0.004241	-2.935	0.003331**
G	0.029455	0.008468	3.478	0.000504***
tempmed7	-0.330372	0.059874	-5.518	3.43e-08***

Tabla 5: Valores de los Odds ratios de las distintas variables analizadas: % del área basimétrica eliminada (CORTA), área basimétrica (G en m²/ha) comprendida en un radio de 7,98 metros (200 m²) alrededor de la parcela de regenerado de 1 m², distancia en m al árbol más cercano (DIST) y temperaturas media y máxima en °C del mes de julio del año de referencia (tempmed7 y tempmax7) y precipitación, en mm, del mes de julio del año de referencia (Precip7). Valores de los intervalos de confianza al 95 %.

	Odds ratios	Intervalo de confianza al 95%
CORTA	0.9876277	[0.9793964-0.9958271]

G	1.0298931	[1.0128568-1.0470609]
tempmed7	0.7186561	[0.6388233-0.8080557]

Analizando los datos presentados se puede observar una influencia de las distintas variables en la probabilidad de supervivencia del regenerado. Atendiendo a los odds ratios se puede confirmar que:

- Por cada punto (de porcentaje) de corta del área basimétrica de la parcela se reduce en 1,23% la probabilidad de supervivencia de las plántulas $((1-0.9876277) \cdot 100)$.
- Por cada grado que aumenta la temperatura media del mes de julio las plántulas tienen una probabilidad de supervivencia un 28,13% más baja $((1-0.7186561) \cdot 100)$.
- Por cada m² que aumenta el área basimétrica (G) comprendida en un radio de 7,98 metros (200 m²) alrededor de la parcela de regenerado de 1 m² las plántulas aumentan la probabilidad de supervivencia un 2,98%. $(1-1.0298931) \cdot 100$.

En la figura 4 se recoge el modelo probabilístico analizado planteando además dos escenarios de temperaturas medias en el periodo analizado (de 20 a 23 °C) mientras que el escenario futuro presupone un aumento de las temperaturas en el mes de julio (valores mayores de 23 °C, separados por una línea discontinua).

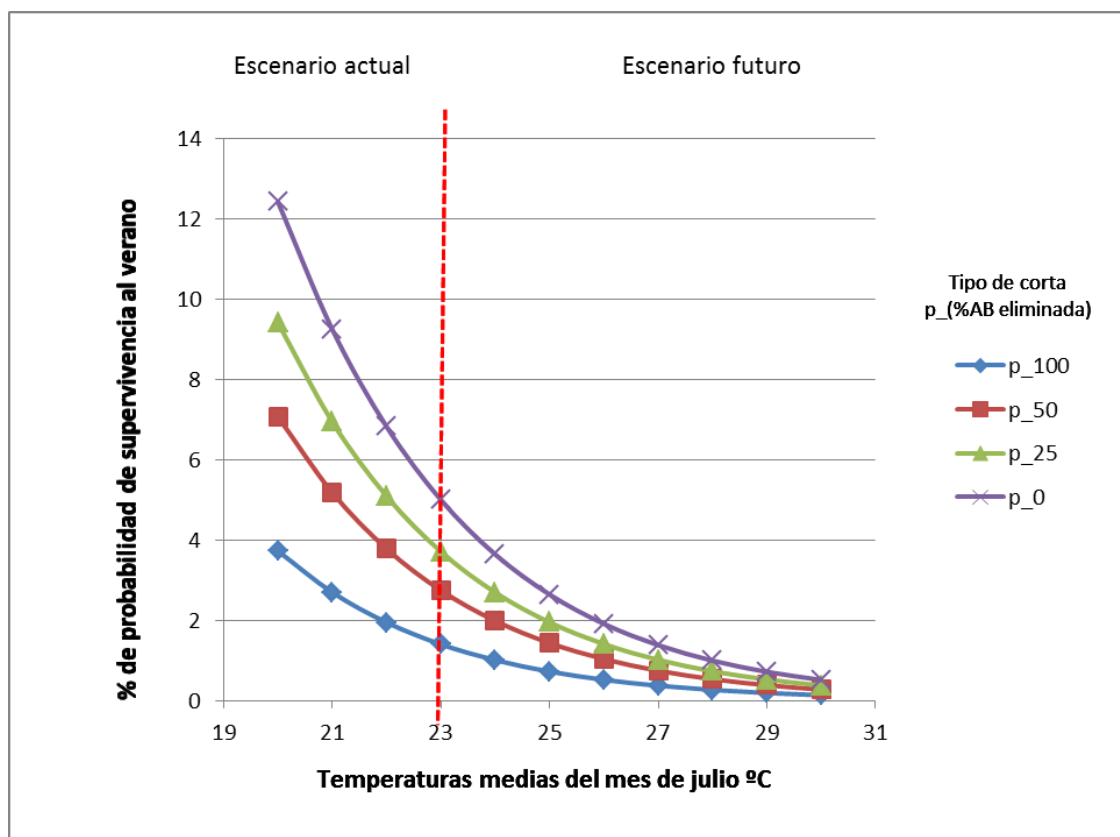


Figura 4: Modelo probabilístico de supervivencia para los distintos tratamientos de corta (desde no cortar (p_0) a corta a hecho (p_100) pasando por cortas intermedias del 25% (p_25) o del 50% (p_50). Valores fijados de G como valor medio de todos los tratamientos en 14,46 m²/ha.

La existencia de un mayor número de microsítios más sombreados en la parcela testigo (sin corta) y en las parcelas con cortas suaves de regeneración (cortas del 25% sobre el AB inicial) favorecen una mejor supervivencia del regenerado evitando el estrés hídrico causado por las altas temperaturas de mes de julio, donde las condiciones edáficas (suelos excesivamente arenosos) hacen elevar la temperatura del cuello de la raíz de las plántulas (Barbeito et al., 2008). Aunque la especie se ha descrito como de luz (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979), el carácter poco tolerante de los regenerados en Meseta Castellana nos obliga a considerarla como especie de media luz en estas fases altamente delicadas (Rodríguez, R., 2008).

5. Conclusiones

El estudio de la demografía de plántulas de *Pinus pinaster* nos indica un bajo porcentaje de supervivencia en el regenerado siendo esta fase la más crítica en el complejo proceso de regeneración natural de estos pinares (con valores de supervivencia muy bajos que oscilan entre el 4% y 12%). El tratamiento de corta (CORTA), las condiciones de microsítio (G) y las temperaturas del mes de julio (tempmed7) resultaron significativas e influyen directamente en la supervivencia del regenerado al primer verano, siendo el modelo probabilístico que las incluye el que mejor explica dicho fenómeno. Los tratamientos de corta poco intensos facilitan la implantación del regenerado amortiguando las temperaturas medias del mes de julio. Escenarios de futuro con el aumento de dichas temperaturas pueden poner en compromiso la regeneración natural de estos frágiles sistemas forestales, obligando a una mayor protección del regenerado con cortas menos intensas.

6. Agradecimientos

Esta aportación se enmarca en el proyecto de investigación CICYT “Estrategias selvícolas para la adaptación y mitigación del cambio climático en repoblaciones de pinares” AGL2011-29701-C02-01 y -02 financiado por el Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación. Así mismo se agradece la colaboración del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Segovia y de la propiedad del monte por la facilitación en la instalación y mantenimiento del dispositivo experimental durante más de 12 años (desde 2004 hasta la actualidad).

7. Bibliografía:

ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.; CASTEDO-DORADO, F.; RUIZ GONZÁLEZ, A.D.; LÓPEZ SÁNCHEZ, C.A.; VON GADOW, K.; 2004. A two-step mortality model for even-aged stands of *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Annals of Forest Science* 61, 441-450.

BARBEITO, I.; PARDOS, M.; CALAMA, R.; CAÑELLAS, I; 2008. Effect of stand structure on stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. *Forestry*. doi:10.1093/forestry/cpn037.

BRAVO-OVIEDO A.; STERBA H.; DEL RÍO, M.; BRAVO, F.; 2005. Competition induced mortality for Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. an *P. sylvestris* L. *Forest Ecology and Management* 222 (2006) 88–98. doi:10.1016/j.foreco.2005.10.016.

CEBALLOS, G.; RUIZ DE LA TORRE, J.; 1979. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.

GONZÁLEZ-ALDAY, J.; MARTÍNEZ RUIZ, C.; BRAVO, F.; 2009. Evaluating different harvest intensities over understory diversity and pine seedlings, in a *Pinus pinaster* Ait. natural stand of Spain. *Plant. Ecol.* 201, 211-220. Doi:10.1007/s11258-008-9490-2.



HAMILTON, D.A.; 1976. Modelling the probability of individual tree mortality. USDA Forest Service. Research Paper INT-185.

HAMILTON, D.A.; 1986. A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands on Northern Idaho. *Forest Science* 32, 989-1000.

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN; 1988. Análisis del medio físico de Segovia. EPYPSA, Valladolid, España.

LOWE S.; BROWNE M.; BOUDJELAS S.; & DE POORTER M.; 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp.

M.A.P.A.; 1987. Caracterización agroclimática de la provincia de Segovia. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid, España.

MONSERUD, R. A.; STERBA, H.; 1999; Modelling individual tree mortality for Austrian forest species. *Forest Ecology and Management* 113, 109-123.

RODRIGUEZ, 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 & Gausson. En Compendio de Selvicultura (Serrada, Montero, Reque editores). Madrid.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, E.; JUEZ, L.; GUERRA, B.; BRAVO, F. 2007. Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 16 (1), 25-38.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

DEL PESO C., RUANO I., GONZÁLEZ S., BRAVO F.; 2013. Efecto de la cobertura del suelo en la nascencia y supervivencia de plántulas de *Pinus pinaster* en Meseta Castellana. *Actas del 6º Congreso Forestal Español*. 10-14 junio 2013, Vitoria-Gasteiz.

RODRÍGUEZ-GARCÍA E., BRAVO F.; 2012. Regeneración natural de *Pinus pinaster* y su relación con los factores ambientales en masas mediterráneas del Centro de España. In: *La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana*; Gordo J, Calama R, Pardos M, Bravo F, Montero G, (eds). pp 175-190. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA).

RODRÍGUEZ-GARCÍA E, BRAVO F.; 2013. Plasticity in *Pinus pinaster* populations of diverse origins: Comparative seedling responses to light and Nitrogen availability. *Forest Ecology and Management* 307 (2013) pp 196–205. Doi: 10.1016/j.foreco.2013.06.046.

RUANO I.; 2016. Factores claves para la gestión de la regeneración natural en pinares mediterráneos. Tesis Doctoral. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid.

