



6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

6CFE01-085

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Factores microclimáticos que afectan a la regeneración de *Pinus pinaster* Ait. en Tierra de Pinares (Segovia)

GARCÍA FERNÁNDEZ, A.¹, GÓMEZ SANZ, V.², AROCA FERNÁNDEZ, M. J.², BRAVO FERNÁNDEZ, J. A.² y SERRADA HIERRO, R.¹

¹Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. UPM. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid.

²ECOGESFOR. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. UPM. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los factores micrometeorológicos que afectan a la regeneración del pino resinero en la Tierra de Pinares Segoviana. Se registró durante un período vegetativo completo la temperatura del suelo y la temperatura de la capa de aire más próximo al suelo. La temperatura del suelo alcanzó máximos de 56 °C desde el mes de julio a septiembre, en períodos de más de 4 horas seguidas durante 2-5 días consecutivos y la temperatura del aire más próximo al suelo, donde viven las plántulas recién nacidas, alcanzó valores de hasta 56 °C desde junio a septiembre, durante períodos de más de 4,5 horas en periodos de 7 días consecutivos. En las plántulas objeto de estudio se identificaron heridas en el cuello de la raíz lo que indica que las altas temperaturas producen cambios fisiológicos y morfológicos en las plántulas comprometiendo su supervivencia y la de la regeneración de estos montes. El análisis estadístico mostró que los puntos de muestreo seleccionados no presentaron grandes diferencias respecto a las variables microclimáticas consideradas.

Palabras clave:

Pinus pinaster, regeneración, microclima, microclimatología, temperatura edáfica, Tierra de Pinares, Segovia.

1. Introducción

La comarca conocida con el nombre de Tierra de Pinares Segoviana se localiza en el Centro-Este de la Península Ibérica, en el cuadrante noroccidental de la provincia de Segovia (Comunidad Autónoma de Castilla y León, España), y ocupa una superficie aproximada de 150.000 ha. Se incluye dentro de un área supracomarcal de mayor extensión denominada El Gran Arenal de Castilla, que incluye además el Este de la provincia de Ávila y el Sur de la provincia de Valladolid.

La especie arbórea principal es el pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) que forma extensas masas forestales que se caracterizan por ser masas abiertas cuyo sotobosque está compuesto por un reducido número de especies características de etapas de degradación de otras formaciones propias de terrenos ácidos (ICONA, 1994). La ordenación de montes y la silvicultura desarrolladas en los montes de esta comarca forestal se han centrado en los últimos cien años en favorecer y mantener el pino negral para la obtención de miera, en detrimento de otras especies como el pino piñonero y las quercíneas. Como resultado de este interés el 94 % de la superficie total de los pinares públicos de la comarca está ordenado (SUÁREZ *et al.*, 1999).

El microclima se define como las condiciones ecológicas abióticas, de temperatura, humedad, radiación, etc., del espacio que comprende la capa del medio aéreo más próximo al

suelo y la parte subsuperficial del medio edáfico, “*cuyos caracteres son distintivos en una esfera temporal y espacial reducida*” (GÓMEZ, 2002). Su importancia en la regeneración de las masas forestales reside en que las plántulas se desarrollan en sus primeros años de vida en la capa de aire más próximo al suelo, donde las condiciones ecológicas abióticas son más extremas que a la altura estándar de observación (1,5 m.) debido a la baja velocidad del viento en esta capa de aire (GEIGER, 1965; DAJOZ, 1979). Estas condiciones extremas pueden influir negativamente en las plántulas ya que tienen una menor capacidad de desarrollo de mecanismos de respuesta frente a situaciones anormales de los factores ecológicos (GÓMEZ y ELENA, 1997).

La temperatura es un elemento del microclima aportado por la radiación solar que influye de manera trascendente en el desarrollo de la regeneración ya que participa en los procesos metabólicos de las plántulas (SERRADA, 2011). Altos niveles de radiación llevan asociados un aumento de la temperatura de las superficies absorbentes (los sistemas aéreos vegetales y el suelo) y un aumento de la temperatura del aire más próximo al suelo causado por flujos de calor sensible y latente procedentes de las propias superficies absorbentes. Dichos aumentos de temperatura pueden provocar cambios metabólicos y fisiológicos negativos para el funcionamiento de las plantas (GÓMEZ, 2002; SERRADA 2011).

Aunque el pino negral tiene una producción de semilla elevada que indica una estrategia reproductora bien adaptada a las condiciones locales de la Tierra de Pinares Segoviana (MIGUEL *et al.*, 2002), existen en los montes ordenados de esta comarca aproximadamente 2.977 ha. de superficies desarboladas (SUÁREZ *et al.*, 1999). Éstas se caracterizan por ser rasos que varían entre 0,25 y 1 ha., y a pesar de llevarse a cabo numerosas actuaciones repobladoras, aún hoy muchos siguen siéndolo sin que se conozcan con seguridad las razones por las que las repoblaciones no se han conseguido.

Si bien la falta de regeneración del pino resinero en la comarca de Tierra de Pinares Segoviana es un problema conocido desde hace más de 50 años, apenas se han encontrado referencias bibliográficas entre el año 1939 y el año 2000 que se centren en el problema. Las dos únicas fuentes encontradas han sido los proyectos de ordenación de montes y sus revisiones; y referencias puntuales en distintas publicaciones de ámbito forestal.

Los ingenieros encargados de redactar los proyectos de ordenación de estos montes únicamente describieron los trabajos de repoblación llevados a cabo, comentaban sus resultados y proponían nuevos procedimientos. En algunos casos se aventuraron a achacar la falta de regeneración a factores edáficos, climáticos o bióticos. Por otro lado, las citas encontradas en libros y revistas de ámbito forestal hasta el año 2000, afirman que la temperatura y la humedad edáficas son los factores que influyen más directamente en la supervivencia del regenerado, aunque también hacen alusiones a la fertilidad de estos suelos (CID, 1941; NICOLÁS, 1946; CASADO, 1963; DE ARANA, 1963, BAUDÍN, 1963; SUÁREZ *et al.*, 1999). En el contexto de este trabajo, CID (1941), CASADO (1963), DE ARANA (1963) y SUÁREZ *et al.* (1999) citan que en los arenales desprovistos de cobertura se pueden alcanzar temperaturas cercanas a 60 °C que podrían causar la muerte de las plántulas recién germinadas. En el mismo sentido GÓMEZ (2002) teoriza que la radiación solar directa produce tal sobrecalentamiento del sustrato arenoso que impediría la germinación de los piñones, dificultando la regeneración natural. Cabe señalar que en estas citas ni se describen los estudios a partir de los cuales se ha llegado a tales conclusiones ni las metodologías empleadas para la medición de la temperatura y la humedad edáfica, lo que hace

pensar que no se han realizado estudios rigurosos contrastados con datos tomados en campo, sino que estas afirmaciones se limitan a observaciones subjetivas de los gestores de estos montes basadas en el “ensayo y error”.

Podría decirse que el año 2000 es un punto de inflexión en el análisis de la problemática de la regeneración de *Pinus pinaster* en la comarca de Tierra de Pinares Segoviana porque comienzan a llevarse a cabo estudios contrastados con datos tomados en campo. MIGUEL *et al.* (2002) concluyeron que el sistema de reproducción de esta especie está adaptado para garantizar su regeneración natural aunque existen condicionantes que afectan a la semilla tras su diseminación, siendo los más importantes la predación y las dificultades de establecimiento y de crecimiento inicial ya que se dan situaciones de fuertes sequías estivales. GONZÁLEZ *et al.* (2003), en un estudio sobre la distribución de los individuos de pino resinero dentro de la masa, vuelven a la idea de que las condiciones climáticas son las causantes de que la mortalidad de la regeneración sea muy alta, siendo la temperatura que alcanzan las arenas un factor relevante. DEL PESO *et al.* (2009) afirmaron que “*las dificultades de regeneración de estas masas forestales parecen no estar ligadas a la producción de semilla (...) sino a etapas posteriores de la regeneración*”). Estos investigadores están de acuerdo en que hay que profundizar en los factores que limitan el establecimiento de las plántulas y en las condiciones climáticas posteriores a la germinación y primera supervivencia de las mismas.

2. Objetivos

El trabajo que aquí se presenta es un estudio metodológico de los factores micrometeorológicos que inciden en el desarrollo de la regeneración de *Pinus pinaster* en la Tierra de Pinares Segoviana, a partir del cual se podrá seguir profundizando en los condicionantes de la regeneración de esta especie en dicha comarca.

Los objetivos de este estudio fueron los siguientes (GARCÍA FERNÁNDEZ, 2010):

1. Analizar la evolución de la superficie rasa de las parcelas objeto de estudio desde el año 1956 hasta la actualidad.
2. Analizar las condiciones microclimáticas de temperatura.
3. Analizar la evolución de la regeneración en los meses coincidentes con el período vegetativo.

3. Metodología

Área de estudio: El área de estudio se localizó en el monte nº 48 del C.U.P de la provincia de Segovia denominado “Común Grande de las Pegueras”, situado Centro-Norte de la provincia de Segovia.

Las características climáticas se caracterizan por las temperaturas extremas de verano y de invierno, próximas a los 40° C y -10° C respectivamente, así como por la escasez de precipitaciones anuales (menos de 500 mm) y estivales (alrededor del 14 % de la precipitación anual). El período de helada segura comprende los meses de enero y febrero, y el período de helada probable marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Los meses en los que hay parón fisiológico por frío son diciembre, enero y febrero; y los meses en los que hay parón fisiológico por aridez son junio, julio, agosto y septiembre. Restando, quedan los meses de actividad vegetativa plena: marzo, abril, mayo, octubre y noviembre (TRAGSA-TRAGSATEC, 1993).

Respecto a las características edáficas, los suelos proceden de depósitos de arenas poco evolucionados procedentes de la erosión del Sistema Central. Se caracterizan por tener un contenido en arena cercano al 100 % y un contenido en limo y arcilla inferior al 5 %, lo que confiere a estos suelos alta permeabilidad; y un contenido en materia orgánica inferior al 2 %. El perfil típico es A;C aunque puede haber una tendencia a formar un horizonte B de iluviación que no llega a diferenciarse a causa del intenso lavado (TRAGSA-TRAGSATEC, 1993).

En la 9ª Revisión del Proyecto de Ordenación, vigente hasta el año 2013, se recoge que el turno sea de 100 años y el período de regeneración de 25 años. Se aplica el aclareo sucesivo uniforme aplicado por tranzones y no por tramos, realizándose tres cortas: una diseminatoria, una aclaratoria y una final. La corta preparatoria se sustituye por dos claras con las que se llegará a la densidad óptima para iniciar las cortas de regeneración (TECNOSYLVA, 2003).

Toma de datos y análisis de la información: Por consejo del agente forestal de la Junta de Castilla y León Julio Rubio y del ingeniero del Servicio Provincial de Segovia José Ignacio Quintanilla, los puntos de muestreo se localizaron en los Tranzones 9 y 10, del Tramo III, Cuartel D, Sección 2º. En el momento del estudio el Tranzón 10 había terminado su regeneración, como lo evidencia la clara que se realizó en octubre del 2009; y el Tranzón 9 estaba en pleno proceso. Ambos tranzones presentaban problemas de regeneración, pudiéndose observar áreas de diferentes superficies y contornos completamente rasas.

Se seleccionaron aleatoriamente cuatro pares de puntos (I, II, III y IV): uno de los puntos de cada pareja se situó en una zona próxima a la masa recientemente regenerada (Localización Poblado) y el otro en una zona rasa alejada de la vegetación arbórea (Localización Raso). A su vez, se replantearon cuatro parcelas circulares de 30 m de radio tomando como centro el punto medio entre los dos puntos de muestreo de cada par. A continuación se detalla para cada objetivo la metodología seguida a la hora de tomar los datos en campo y la forma de analizar la información obtenida.

Objetivo 1: Análisis de la evolución de la superficie rasa

Para la realización de este apartado se adquirieron las fotografías aéreas de los años 1956 y 1984 y la ortofotografía del año 2008. Previo al estudio de las superficies, fue necesario ortorrectificar y georreferenciar las fotografías aéreas mediante el programa informático Erdas Imagine 8.5. Una vez obtenidas las tres ortofotografías se replantearon las parcelas circulares de 30 m de radio anteriormente citadas, se digitalizaron las áreas despobladas de cada parcela para cada ortofotografía y se calcularon sus superficies mediante el programa informático ArcGIS 9.

Objetivo 2: Análisis de las condiciones microclimáticas

La metodología para lograr este objetivo tuvo tres fases: inventario forestal; fotografía hemisférica y muestreo microclimático.

El objetivo del inventario forestal fue conocer el estado dasométrico actual de las cuatro parcelas de 30 m. de radio y conocer la distribución de los individuos alrededor de los puntos de muestreo mediante un croquis de las parcelas realizado con el programa informático Autocad 2000.

Para relacionar la cobertura vegetal y la radiación solar incidente con las variables microclimáticas se tomó una fotografía hemisférica en cada punto de muestreo con una cámara Nikon, modelo Coolpix 950, a la que se le acopló un conversor ojo de pez Nikon de 183 grados de visión, modelo FC-E8 0,21x. Las fotografías hemisféricas se analizaron con el programa informático Gap Light Analyzer (GLA). Se analizó mediante un análisis de varianza ANOVA las variables procesadas con el programa GLA, Fracción de Apertura del Dosel (FAD) e Iluminación Relativa Total (IRT), para estudiar la existencia de diferencias entre las medias de las dos localizaciones consideradas, Poblado y Raso. Los cálculos correspondientes a este apartado se llevaron a cabo con el programa SPSS 15.0.

Para realizar el muestreo microclimático se instaló un datalogger HOBO® U12 4-External Channel en cada punto de muestreo, conectado a dos sondas de temperatura marca HOBO® para registrar la temperatura en °C a 3 cm bajo el suelo (TS), donde el cuello de la raíz está en contacto con la arena; y la temperatura del aire en °C a ras de suelo (TA), donde la plántula se desarrolla en sus primeros meses de vida. Los datalogger se programaron para dar una lectura cada 30 minutos desde el día 21 de marzo de 2009 hasta el día 21 de septiembre de 2009. Una vez descargada y ordenada cronológicamente la información de los datalogger, se obtuvieron los valores máximos y mínimos diarios y el rango de variación diario (calculado como la diferencia de los otros dos valores) para las dos variables microclimáticas muestreadas. De esta forma, se obtuvo una matriz en la que para cada día y para cada punto de muestreo aparecían las siguientes variables:

- Temperatura del suelo máxima diaria: TSmáx
- Temperatura del suelo mínima diaria: TSmín
- Rango de variación diario de la Temperatura del suelo: TSran
- Temperatura del aire máxima diaria: TAMáx
- Temperatura del aire mínima diaria: TAMín
- Rango de variación diario de la Temperatura del aire: TARan

A continuación se eliminaron los valores atípicos y se cribaron los datos, eliminando aquellos cuya diferencia con la media fuera superior a dos veces la desviación típica.

Después se realizó un estudio exploratorio de cada una de las variables para comprobar si cumplían las condiciones de Normalidad y Homocedasticidad necesarias para aplicar análisis estadísticos paramétricos. Dicha comprobación salió positiva pero al realizar el análisis estadístico paramétrico Modelo Lineal General Univariante, los residuos tipificados no cumplían las condiciones de Normalidad y Homocedasticidad necesarias para dar validez al modelo.

Con estos resultados se optó por un análisis estadístico no paramétrico para varias muestras independientes para estudiar la existencia de diferencias entre las medias de los puntos de muestreo, siendo el análisis utilizado el análisis de la varianza de Kruskal-Wallis. Se compararon los valores medios de los puntos localizados en Poblado y los puntos localizados en Raso por separado con el objetivo de distinguir diferencias entre los puntos de una misma localización.

Para aquellas variables en las que se obtuvieron diferencias significativas se aplicó la prueba no paramétrica para dos muestras independientes de Mann-Whitney para estudiar las diferencias significativas entre puntos de muestro pertenecientes a una misma localización. Se

llevaron seis comparaciones dos a dos en cada grupo siendo las medias estadísticamente distintas cuando el p -valor fuese menor $0,05/n^\circ$ comparaciones ($0,05/28 = 0,0018$), es decir, que p -valor fuese menor que $0,0018$. Los cálculos correspondientes a este apartado se llevaron a cabo con el programa SPSS 15.0.

Objetivo 3: Análisis de la evolución de la regeneración

Se localizaron diez pinos nacidos en el período vegetativo del año 2009 alrededor de cada punto de muestreo microclimático para seguir su evolución, anotando el día en que se encontraron ya nacidos y el día en que se encontraron muertos, y tomando fotografías cada día de muestreo y de los individuos muertos una vez desenterrados. El muestreo se realizó cada quince días desde el día 21 de marzo del 2009 hasta el 21 de septiembre del 2009.

4. Resultados

Objetivo 1: Análisis de la evolución de la superficie rasa

Las superficies rasas apenas han variado su tamaño a pesar de las cortas de regeneración llevadas a cabo en los últimos treinta años. La única parcela que ha experimentado una disminución de la superficie rasa desde el año 1956 hasta el año 2008 ha sido la Parcela III ($138,28 \text{ m}^2$) a pesar de que en el período 1956-1984 aumentara ($95,14 \text{ m}^2$). En el resto de las Parcelas la superficie rasa ha aumentado aunque en el período 1956-1984 en la Parcela I decreciera ($215,42 \text{ m}^2$). La variación global más baja se alcanzó en la Parcela IV ($16,73 \text{ m}^2$).

Las superficies rasas actuales tienen una superficie que varía entre 1.950 m^2 y 2.350 m^2 , llegando a ocupar el 82,96 % de la superficie total las parcelas. Las fotografías de las parcelas y sus croquis, mostraron que tanto la distribución espacial de la regeneración como la del arbolado adulto no son uniformes sino en “golpes” de diferentes tamaños repartidos heterogéneamente, en los que conviven individuos de distintas edades, siendo la Parcela IV la que presentó una distribución del arbolado más homogénea.

Objetivo 2: Análisis de las condiciones microclimáticas

Gran parte de la trayectoria solar está libre de la incidencia del arbolado, tanto más en los puntos de muestreo localizados en Raso (Figura 1).

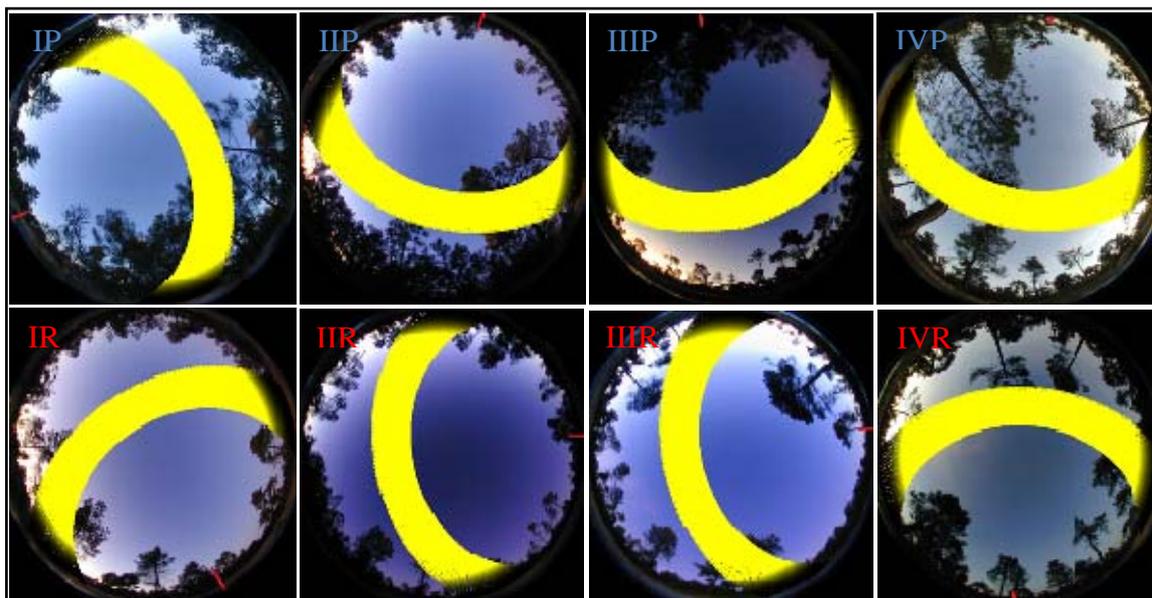


Figura 1: Trayectoria solar en cada uno de los puntos de muestreo. La marca roja indica el Norte.

Los valores de Fracción de apertura del dosel (FAD) e Iluminación Relativa Total (IRT) fueron superiores al 50 % en todos los puntos de muestro, siendo los puntos localizados en Raso los que alcanzaron valores máximos próximos al 90 %. Los valores de las desviaciones típicas de los valores medios de Poblado y Raso para las distintas variables muestran que los puntos localizados en Raso tienen un comportamiento similar entre sí (se agrupan) mientras que para los localizados en Poblado esto no ocurre (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados por Punto de muestro y Localización de las variables: Fracción de Apertura del Dosel (FAD) e Iluminación Relativa Total (IRT). DT: Desviación Típica.

Punto de muestro			Punto de muestro		
	FAD (%)	IRT (%)		FAD (%)	IRT (%)
IP	65,51	60,94	IR	81,04	91,53
IIP	67,98	72,48	IIR	85,8	94,78
IIIP	71,7	81,11	IIIR	81,93	90,28
IVP	58,34	67,22	IVR	76,88	89,65
Localización Poblado	Media (%)	65,89	Localización Raso	Media (%)	81,40
	DT (%)	5,64		DT (%)	3,65
		70,44			91,56
		8,54			2,28

El análisis de la varianza muestra diferencias significativas entre las dos localizaciones consideradas, Poblado y Raso, para las dos variables consideradas (Tabla 2).

Tabla 2: Resultado del análisis de la varianza considerando la Localización: Poblado y Raso para las variables Fracción de Apertura del Dosel e Iluminación Relativa Total.

Variable	Grados de libertad	F	p-valor
Fracción de Apertura del Dosel (FAD)	1	21,364	0,004
Iluminación Relativa Total (IRT)	1	22,852	0,003

La temperatura a 3 cm bajo el suelo (TS) o edáfica alcanzó valores máximos absolutos superiores a 50 °C tanto en los puntos localizados Poblado como en los puntos localizados en Raso. Dichas temperaturas se alcanzaron desde el 3/7/2009 hasta el 10/9/2009, bien de forma puntual o hasta durante 4 horas seguidas, durante 2-5 días consecutivos. Las mínimas alcanzaron valores próximos a 0° C. Se alcanzaron variaciones diarias de temperatura de hasta 46° C (Tabla 3).

Tabla 3: Resultados por Punto de muestro de las variables Temperatura del Suelo máxima (TS_{máx}), Temperatura del Suelo mínima (TS_{mín}) y Rango de variación diaria de la Temperatura del Suelo (TS_{ran}). N: número de mediciones; DT: Desviación Típica; M: máximo; m: mínimo.

Variable	Punto	N	Media	DT	M	m	Punto	N	Media	DT	M	m
TS _{máx} (°C)	IP	183	34,73	10,25	52,75	13,88	IR	175	35,98	10,15	51,81	14,77
	IIP	182	34,42	11,35	52,28	13,23	IIR	132	36,79	11,44	56,42	14,72
	IIIP	174	38,11	10,88	53,26	15,22	IIIR	184	36,40	10,33	52,75	13,74
	IVP	182	30,73	8,83	48,67	13,43	IVR	166	35,96	10,59	51,56	14,60
TS _{mín} (°C)	IP	152	11,76	5,04	17,84	0,16	IR	113	10,48	5,13	17,75	-0,79
	IIP	164	11,49	5,04	17,82	-0,23	IIR	109	10,00	5,33	17,72	-1,38
	IIIP	108	11,20	4,83	17,80	1,15	IIIR	148	11,55	4,89	17,84	0,69
	IVP	112	11,63	4,62	17,75	1,99	IVR	139	11,32	5,09	17,84	-0,51
TS _{ran} (°C)	IP	150	20,99	7,05	36,19	6,57	IR	112	20,59	6,36	32,64	7,13
	IIP	162	21,54	7,78	36,27	6,47	IIR	99	25,32	9,59	46,42	7,59
	IIIP	107	21,74	7,21	35,43	7,19	IIIR	147	22,88	7,08	36,93	8,46
	IVP	109	14,01	5,21	32,66	4,78	IVR	138	22,75	7,05	35,74	7,52

La Temperatura del Aire a ras de suelo (TA) alcanzó valores máximos absolutos superiores a 50 °C tanto en Poblado como en Raso desde el 10/6/2009 hasta el 7/9/2009, bien de forma puntual bien durante 4,5 horas seguidas, hasta durante 7 días seguidos. Las mínimas valores próximos a -5° C. Se alcanzaron variaciones de temperatura cercanas a los 50° C (Tabla 6).

Tabla 4: Resultados por Punto de muestreo de las variables Temperatura del Aire máxima (TAmáx), Temperatura del Aire mínima (TAmín) y Rango de variación diaria de la Temperatura del Aire (TAran). N: número de mediciones; DT: Desviación Típica; M: máximo; m: mínimo.

Variable	Punto	N	Media	DT	M	m	Punto	N	Media	DT	M	m
TAmáx (°C)	IP	183	41,36	9,03	55,14	20,22	IR	176	38,77	7,99	56,66	19,84
	IIP	176	38,94	8,55	55,68	20,20	IIR	139	42,61	9,79	56,54	20,15
	IIIP	128	39,23	8,16	53,18	20,20	IIIR	174	36,87	7,25	48,47	20,17
	IVP	176	37,65	6,76	47,61	20,10	IVR	177	37,01	7,63	49,14	20,01
TAmín (°C)	IP	178	8,03	5,08	16,65	-4,99	IR	171	6,21	4,57	16,13	-4,74
	IIP	172	6,39	4,67	15,22	-4,87	IIR	136	8,52	5,26	17,51	-4,90
	IIIP	125	6,51	5,31	15,65	-4,99	IIIR	178	7,68	5,15	15,89	-4,53
	IVP	178	7,24	5,17	15,96	-4,68	IVR	178	7,51	5,20	16,32	-4,71
TAran (°C)	IP	176	33,68	7,17	44,72	14,81	IR	163	33,11	6,36	48,74	15,59
	IIP	164	33,10	6,68	44,94	13,04	IIR	132	34,60	7,79	46,66	14,15
	IIIP	120	33,17	6,84	45,81	15,56	IIIR	168	29,17	5,45	39,83	14,32
	IVP	169	30,36	5,94	41,44	13,46	IVR	170	29,67	5,73	41,88	12,72

El análisis estadístico (Tabla 5) mostró que existen diferencias significativas para las variables Temperatura del Suelo máxima (TSmáx), Rango variación de la Temperatura del Suelo (TSran) y para las tres variables asociadas a la Temperatura del Aire: temperatura máxima (TAmáx), mínima (TAmín) y rango de variación (TAran).

Tabla 5: Resultado del análisis de la varianza de Kruska-Wallis para las variables Temperatura del Suelo máxima (TSmáx), Temperatura del Suelo mínima (TSmín), Rango de variación diaria de la Temperatura del Suelo (TSran) Temperatura del Aire máxima (TAmáx), Temperatura del Aire mínima (TAmín) y Rango de variación diaria de la Temperatura del Aire (TAran). Subrayado: las comparaciones significativas (p -valor < 0,05).

	TSmáx	TSmín	TSran	TAmáx	TAmín	TAran
Chi-cuadrado	59,561	12,769	129,663	78,599	39,518	141,823
Grados libertad	7	7	7	7	7	7
p-valor	<u>0,000</u>	0,078	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>

Comparando puntos de muestreo entre sí, es destacable que el punto IVP se diferencia de casi todos los demás puntos respecto de TSmáx (Tabla 6) y TSran (Tabla 7). También el punto IIR también destaca de los demás puntos respecto a TAmáx (Tabla 8) y TAmín (Tabla 9). Los puntos IIIR y IVR muestran diferencia significativas con casi todos los puntos respecto a la TAran (Tabla 10).

Tabla 6: Resultado del análisis de la varianza de Mann-Whitney (p-valor) para las variables Temperatura del Suelo máxima. Subrayado: las comparaciones significativas (p-valor < 0,0017).

Temperatura del Suelo máxima (TSmáx)								
Puntos de muestreo	IP	IIP	IIIP	IVP	IR	IIR	IIIR	IVR
IP	-							
IIP	0,963	-						
IIIP	<u>0,001</u>	<u>0,001</u>	-					
IVP	<u>0,000</u>	<u>0,001</u>	<u>0,000</u>	-				
IR	0,175	0,225	0,270	<u>0,000</u>	-			
IIR	0,710	0,066	0,287	<u>0,000</u>	0,447	-		
IIIR	0,730	0,950	0,590	<u>0,000</u>	0,657	0,663	-	
IVR	0,166	0,172	0,390	<u>0,000</u>	0,906	0,534	0,816	-

Tabla 7: Resultado del análisis de la varianza de Mann-Whitney (p-valor) para la variable Rango de variación diaria de la Temperatura del Suelo. Subrayado: las comparaciones significativas (p-valor < 0,0017).

Rango de variación diaria de la Temperatura del Suelo (TSran)								
Puntos de muestreo	IP	IIP	IIIP	IVP	IR	IIR	IIIR	IVR
IP	-							
IIP	0,545	-						
IIIP	0,443	0,813	-					
IVP	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	-				
IR	0,727	0,330	0,295	<u>0,000</u>	-			
IIR	<u>0,000</u>	0,002	0,007	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	-		
IIIR	0,049	0,172	0,282	<u>0,000</u>	0,025	0,044	-	
IVR	0,410	0,179	0,300	<u>0,000</u>	0,022	0,046	0,980	-

Tabla 8: Resultado del análisis de la varianza de Mann-Whitney (p-valor) para las variables Temperatura del Aire máxima. Subrayado: las comparaciones significativas (p-valor < 0,0017).

Temperatura del Aire máxima (TAmáx)								
Puntos de muestreo	IP	IIP	IIIP	IVP	IR	IIR	IIIR	IVR
IP	-							
IIP	0,002	-						
IIIP	0,011	0,708	-					
IVP	<u>0,000</u>	0,067	0,026	-				
IR	<u>0,000</u>	0,866	0,442	0,039	-			
IIR	0,890	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	-		
IIIR	<u>0,000</u>	0,009	0,004	0,385	0,005	<u>0,000</u>	-	
IVR	<u>0,000</u>	0,020	0,007	0,632	0,015	<u>0,000</u>	0,695	-

Tabla 9: Resultado del análisis de la varianza de Mann-Whitney (p-valor) para las variables Temperatura del Aire mínima. Subrayado: las comparaciones significativas (p-valor < 0,0017).

Temperatura del Aire mínima (TAmín)								
Puntos de muestreo	IP	IIP	IIIP	IVP	IR	IIR	IIIR	IVR
IP	-							
IIP	<u>0,000</u>	-						
IIIP	0,011	0,635	-					
IVP	0,134	0,041	0,234	-				
IR	<u>0,000</u>	0,553	0,364	0,011	-			
IIR	0,279	<u>0,000</u>	<u>0,001</u>	0,018	<u>0,000</u>	-		
IIIR	0,488	0,003	0,500	0,398	<u>0,001</u>	0,105	-	
IVR	0,316	0,008	0,094	0,565	0,002	0,058	0,753	-

Tabla 10: Resultado del análisis de la varianza de Mann-Whitney (p-valor) para la variable Rango de variación diaria de la Temperatura del Aire. Subrayado: las comparaciones significativas (p-valor < 0,0017).

Rango de variación diaria de la Temperatura del Aire (TArán)								
Puntos de muestreo	IP	IIP	IIIP	IVP	IR	IIR	IIIR	IVR
IP	-							
IIP	0,175	-						
IIIP	0,339	0,753	-					
IVP	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	-				
IR	0,109	0,970	0,650	<u>0,000</u>	-			
IIR	0,122	0,009	0,026	<u>0,000</u>	0,006	-		
IIIR	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	0,046	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	-	
IVR	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	0,281	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	0,333	-

Objetivo 3: Análisis de la evolución de la regeneración

Sólo se encontraron pinos nacidos en la mitad de los Puntos de muestreo: IIIP, IIIR, IVP y IVR. El período de nascencia se prolongó durante los meses de abril a julio y el período de muertes abarcó desde el mes mayo hasta el final del período de observación. En los puntos IIIP y IIIR se observa que hubo brinzales que murieron tras períodos en los que la temperatura edáfica y la temperatura del aire alcanzaron valores superiores a 50° C, mientras que en los puntos IVP y IVR dicha muerte no se puede achacar a ningún episodio de temperaturas extremas.

Los sistemas radicales de las plántulas que se lograron desenterrar sin que se rompieran son muy largos y están muy desarrollados lateralmente, destacando la gran cantidad de raíces finas que se encuentran en la parte final del sistema radical, lo que indica que pudieran estar micorrizadas. Por otro lado se observaron en las plántulas tres tipos de lesiones distintas: grietas longitudinales en la zona de contacto del tallo con la arena (Figura 2); anillamientos en el tallo; y tallos retorcidos.



Figura 2: Detalle de las grietas longitudinales en uno de los brinzales desenterrados

5. Discusión

Objetivo 1: Análisis de la evolución de la superficie rasa

El aspecto más destacado de las parcelas inventariadas es la distribución de los individuos: tanto el arbolado adulto como la regeneración está heterogéneamente distribuido en “golpes” densos de distintos tamaños, en los que pueden agruparse individuos de un año de vida con individuos más de 30 años (GONZÁLEZ *et al.*, 2003). Esta circunstancia ya la describe NICOLÁS (1946): “*a unos pocos metros de esos calveros (verdaderos relapsos) aparecen rodales en perfecto estado*”, y también lo hacen GONZÁLEZ *et al.* (2003) más de cincuenta años después: “*el regenerado presenta una estructura contagiosa, formando grupos de pequeñas dimensiones*” debido a la “*probable existencia de microhábitats más favorables creados gracias a la influencia de la masa remanente*”.

La consecuencia principal de la distribución en “golpes” del arbolado es la existencia de áreas de superficie variable completamente desprovistas de vegetación arbórea. Estas áreas han existido al menos desde el año 1956 a pesar de haberse llevado a cabo cortas de regeneración en los últimos 25-30 años (TECNOSYLVA, 2003; TRAGSA-TRAGSATEC, 1993).

Este hecho, persistencia de los rasos en el tiempo, unido a que la regeneración es cuantitativamente suficiente y a que el arbolado se distribuye en “golpes” sin conseguir regenerar en dichas áreas despobladas, indica que existen factores bióticos o abióticos, intrínsecos o extrínsecos a la masa arbórea, que interfieren en la regeneración natural de dichas superficies desarboladas.

La existencia de superficies rasas extensas como consecuencia de la heterogénea distribución espacial de la masa arbórea explica que los valores de Fracción de Apertura del Dosel y de Iluminación Relativa Total sean tan elevados, ya que el dosel arbóreo tiene poca influencia en el ensombreamiento del suelo debido a que la masa no tiene altura suficiente para proporcionar sombra o a que está lo suficientemente alejada como para no afectar a las zonas despobladas (GÓMEZ, 2002). Dichas características de la masa forestal son las que determinan que los valores de estas variables sean menores en la localización Poblado que en la localización Raso. Mientras que en la localización Raso la masa forestal está muy distanciada de los puntos de muestreo, en la localización Poblado el arbolado está más próximo a éstos y la altura de la masa cobra mayor importancia en el ensombreamiento.

Objetivo 2: Análisis de las condiciones microclimáticas

La poca variabilidad en las medias de FAD e IRT de la localización Raso indica que tienen unas características semejantes respecto del ensombreamiento y de la iluminación recibida. Por el contrario, la mayor variabilidad de la localización Poblado significa que el comportamiento de los puntos de esta localización es muy distinto entre sí debido, además de a la distancia y a la altura de la masa remanente, a la posición del punto de observación dentro de la masa (GÓMEZ, 2002). De este modo, se puede observar que en el Punto IIP, orientado al norte, el arbolado podrá proporcionarle sombra en las horas centrales del día cuando alcance altura suficiente, mientras que el Punto IIIP, orientado al Sur, no recibirá ensombreamiento.

Como ya se ha comentado anteriormente se alcanzaron valores de Iluminación Relativa Total (IRT) muy elevados, destacando los de los puntos localizados en Raso que son superiores al 90 %. Dichos valores son muy superiores a los obtenidos por VALLADARES (2006), cuyo máximo correspondió a un 66 % para choperas jóvenes de *Populus alba* y *P. deltoides* cuyos individuos se encontraban espaciados.

En un estudio realizado por RUANO *et al.* (2009) en un monte de pino negral del municipio de Cuéllar próximo a la zona de estudio, obtuvieron los valores medios de Iluminación Relativa Total para cuatro intensidades de corta respecto al área basimétrica que se muestran en la Tabla 9. En este mismo estudio realizaron un ensayo de germinación y concluyeron que el máximo porcentaje de piñones germinados y el máximo porcentaje de supervivencia de plántulas se obtuvo en el tratamiento con intensidad de corta del 25 %, partiendo de un área basimétrica de 8,71 m²/ha; mientras que para una intensidad de corta del 100 % estos porcentajes fueron los más bajos de los cuatro tratamientos estudiados, aunque no hubo diferencias significativas estadísticamente entre los resultados obtenidos para el 0 %, el 50 % y el 100 %. Si se asimilan los valores de IRT de este trabajo con los de RUANO *et al.* (2009), se corresponderían con los de una intensidad de corta superior al 50 % en el caso de los Puntos localizados en Poblado y del 100 % en el caso de los Puntos localizados en Raso. Si se aceptan los resultados de su ensayo de germinación, es presumible que el porcentaje de germinación y posterior supervivencia del regenerado en ambas localizaciones sea bajo.

Tabla 9: Valores medios de Iluminación Relativa Total (IRT) para cuatro intensidades de corta respecto al % del área basimétrica. ABi: Área basimétrica inicial; ABf: Área basimétrica final. Fuente: Modificado de Ruano *et al.* (2009).

ABi (m ² /ha)	Intensidad de corta (%)	ABf (m ² /ha)	Intervalo de IRT (%)
8,71	0	8,71	34,4-54,3
	25	6,44	47,2-54,7
	50	4,36	38,2-66,3
	100	0,00	88,7-99,7

Tanto la temperatura edáfica como la temperatura del aire alcanzaron valores superiores a 50° C. Tales temperaturas se alcanzaron tanto en la localización Poblado como en la localización Raso debido a los altos niveles de radiación incidente como consecuencia de la heterogénea distribución espacial de la masa forestal alrededor de los puntos de muestro, cuyo ensombreamiento no es efectivo. Así mismo, estas elevadas temperaturas se ven favorecidas por la composición mineralógica del suelo, siendo el elemento principal el cuarzo que alcanza

proporciones superiores al 80 % (PÉREZ y DEAN, 1970), y por el bajo contenido en materia orgánica, siendo inferior al 2 %.

Objetivo 3: Análisis de la evolución de la regeneración

Las elevadas temperaturas que alcanzó tanto el sustrato arenoso como la capa de aire más próxima al suelo junto con la recurrencia de las mismas, ponen en peligro la supervivencia de la regeneración ya que por encima de la temperatura letal superior, entre los 40-50° C, los tejidos vegetales sufren daños que pueden ser irreversibles (SPURR y BARNES, 1982; HAROLD y HOCKER, 1984; GANDULLO, 1985; GÓMEZ y ELENA, 1997; GÓMEZ, 2002; SERRADA, 2011):

- Aumento de la transpiración por parte de la planta, generando un estado de estrés hídrico que no puede ser suplido por el aporte de agua a través de la savia bruta, aunque en el suelo exista suficiente contenido de agua.
- Daños en los tejidos de las semillas que impidan su germinación.
- Daños en los tejidos de las plántulas al desnaturalizarse las proteínas, tejidos tanto aéreos como subterráneos.
- Envenenamiento de la planta por acumulación de sustancias tóxicas como consecuencia de la aceleración de diversos procesos químicos (BARCELÓ *et al.*, 1988 en GÓMEZ y ELENA, 1997) y de una eliminación dificultosa de productos finales del metabolismo.
- Retraso en el crecimiento de la plántula debido al consumo por parte de ésta de sus propias sustancias de reserva, al alcanzar la temperatura del aire el valor de temperatura umbral superior a partir del cual la fotosíntesis neta es menor a la respiración. Si esta situación se prolongase en el tiempo puede producirse la muerte de la plántula.
- Anillamiento del tallo por muerte de una banda de células del cambium como consecuencia del calor acumulado en el suelo. A este respecto, en las plántulas se han observado daños en la zona del tallo que está en contacto con la arena que podrían ser consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas (Figura 2).

Comparando el comportamiento de los puntos de muestreo respecto a las variables microclimáticas consideradas en este estudio hay que destacar que:

- El punto IVP que presenta diferencias significativas con todos los puntos de muestreo respecto a la Temperatura del Suelo máxima, al Rango de variación de la Temperatura del Suelo, convirtiéndose en el punto con el comportamiento menos extremo respecto a la temperatura del suelo. Esto se puede deber a la alta cobertura que existe en este punto y consecuentemente a los bajos niveles de radiación incidente, y a la distribución homogénea del arbolado que además de evitar la insolación, evitaría también las pérdidas nocturnas por irradiación.
- El punto IIIP se distingue de IP y IIP respecto a la Temperatura del Suelo. Este punto además de tener una menor cobertura vegetal está orientado al Sur, por lo que el día solar es más largo y recibiría más radiación.
- El punto IIR tiene un comportamiento opuesto a IVP respecto a la Temperatura del Aire. En este punto se alcanzaron las máximas más altas y las mínimas más bajas, convirtiéndose en el punto más expuesto, debido a la baja cobertura y a la alta radiación incidente.

El comportamiento de la temperatura edáfica y del aire en un mismo punto de muestreo no es el mismo, incluso entre puntos localizados en Poblado y Raso no existen diferencias

significativas considerando una misma variable. Esto se puede deber a un gran número de factores que no se han podido tener en cuenta de manera cuantitativa en este trabajo:

- La cantidad de materia orgánica contenida en el suelo. Si el contenido es bajo, el sustrato arenoso alcanzaría valores superiores. Además este factor podría ayudar a mejorar la supervivencia del regenerado.
- La materia orgánica fresca que recubre el suelo. Este factor actuaría como aislante del suelo al evitar el calentamiento directo del suelo por la radiación solar y a la vez actuaría como fuente de calor hacia la capa de aire situada justo encima.
- El efecto cortaviento de la vegetación próxima, que evitaría la renovación del aire próximo al suelo y consecuentemente su enfriamiento.
- El hecho de que la vegetación próxima actuara como fuente de calor. La vegetación como superficie absorbente de radiación se calentaría, y actuaría a su vez como fuente de calor aumentando la temperatura del aire próxima.
- La humedad edáfica, ya que la existencia de una mayor o menor humedad estará condicionada por la temperatura.

RUANO *et al.* (2009) observaron que la diseminación de los piñones en esta comarca comienza en el mes de marzo-principios de abril y se prolonga hasta junio-agosto. En el presente trabajo las plántulas que nacieron podrían haber formado parte del banco de semillas del suelo o bien podrían haber sido diseminadas en el periodo vegetativo en el que se llevó a cabo el estudio. En cualquier caso, la nascencia se produjo tarde en el tiempo y por tanto sería posible que el sistema radical no estuviera lo suficientemente desarrollado como para alcanzar el agua acumulada en profundidad y así superar la etapa de sequía y de altas temperaturas que supone el periodo estival en esta comarca (DE ARANA, 1963; CASADO, 1963).

6. Conclusiones

- Se comprueba que existen problemas de regeneración:
 - o Distribución de la masa forestal en “golpes” de superficie variable que dan lugar a superficies rasas de extensión variable.
 - o Regeneración cuantitativamente suficiente aunque no se consiguen regenerar las superficies rasas, que persisten en el tiempo.
- La masa forestal estudiada es una masa abierta con una distribución del arbolado poco efectiva respecto al ensombreamiento del suelo, lo que genera altos niveles de radiación.
- Los altos niveles de radiación conllevan temperaturas elevadas tanto del sustrato arenoso como de la capa de aire más próximo al suelo, que pueden generar cambios en el metabolismo de las plántulas llegando a comprometer su existencia y por tanto la de la regeneración.
- Durante el año de estudio, 2009, han sucedido episodios en los que tanto la temperatura edáfica como la del aire ha sido superior a los 50° C de forma recurrente, tras los cuales la mortalidad de brinzales fue elevada.
- Los puntos de muestreo localizados en una misma localización mostraron un comportamiento similar respecto de las variables microclimáticas consideradas: Temperatura del Suelo y Temperatura del Aire.
- Los puntos de muestreo de distintas localizaciones mostraron un comportamiento similar respecto de las variables microclimáticas consideradas.
- Los puntos IVP y IIR tuvieron comportamientos muy claros respecto a la temperatura del suelo y la temperatura del aire respectivamente.

- Las similitudes entre puntos de muestreo se deben a una serie de factores difíciles de cuantificar, pudiendo ser el contenido en materia orgánica del suelo uno de los más importantes.

- Existe la necesidad de plantear nuevas metodologías en base a los conocimientos aportados por el presente trabajo para seguir profundizando en la problemática de la regeneración del pino negral en esta comarca.

7. Bibliografía

BAUDÍN, F.; 1963. Repoblación de dunas continentales en zonas secas por el método de “Trincherones”. En Ministerio de Agricultura (eds.). II Asamblea Técnica Forestal. 474-474. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Madrid.

CASADO, J.; 1963. Repoblación en los suelos arenosos de Castilla la Vieja y León. En Ministerio de Agricultura (eds.). II Asamblea Técnica Forestal. 443-445. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Madrid.

CID, A.; 1941. La resinación de *Pinus pinaster* en los montes de las llanuras de Castilla. I.F.I.E. 141 Madrid.

DAJOZ, R.; 1979. Tratado de ecología. Ediciones Mundi-Prensa. 610. Madrid.

DE ARANA, M. M^a.; 1963. Ordenación y selvicultura intensiva en los montes de *Pinus pinaster* destinados a resinación. Su financiación. En Ministerio de Agricultura (eds.). II Asamblea Técnica Forestal. 217-227. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Madrid.

DEL PESO, C; BRAVO, F.; PANDO, V.; ORDÓÑEZ, C.; RUANO, I.; DE LUCAS, A.; 2009: Patrones de dispersión de semilla de pino negral (*Pinus pinaster* Aiton) en la Meseta Castellana (Cuéllar, Segovia). En SECF-Junta de Castilla y León (ed.). Actas del 5º Congreso Forestal Español [en línea]: www.congresoforestal.es.

GANDULLO, J. M.; 1985. Ecología vegetal. Fundación Conde del Valle de Salazar – E.T.S.I. de Montes. 208. Madrid.

GARCÍA FERNÁNDEZ, A.; 2010. Factores microclimáticos que influyen en la regeneración de las masas de *Pinus pinaster* Ait. en Tierra de Pinares (Segovia). Trabajo de Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. UPM. Madrid.

GEIGER, R.; 1965. The climate near the ground. Harvard University Press. 611. Cambridge.

GÓMEZ, V.; 2002. Micrometeorología de masas forestales de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la vertiente norte del Sistema Central (Montes de Valsaín-Segovia). Consencuencias selvícolas. Tesis doctoral. Archivo Digital de la UPM [en línea]: <http://oa.upm.es/159/#>. Universidad Politécnica de Madrid.

GÓMEZ, V.; ELENA, R.; 1997. Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 4, 13-25.

GONZÁLEZ, S. C.; MIGUEL, I.; ALLUÉ, M.; ALÍA, R.; GIL, L.; 2003. Estructura poblacional y flujo genético en un regenerado natural de *Pinus pinaster* Ait. (Coca, Segovia). Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 15, 123-128.

HAROLD, W.; HOCKER, J. R.; 1984. Introducción a la biología forestal. AGT Editor, S.A. 446. México.

ICONA (Ed.); 1994. Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Castilla y León. Segovia. 238. Madrid.

MIGUEL, I.; GONZÁLEZ, S.C.; ALÍA, R.; GIL, L.; 2002. Growth phenology and mating system of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in central Spain. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 11 (1). 194-204.

NICOLÁS, A.; 1946. Orientaciones para el estudio de suelos forestales españoles. Montes 13, 54-58.

PÉREZ MATEOS, J.; DEAN GUEL BENZU, M.; 1970. Estudio mineralógico, petrográfico y espectroquímico de algunas tierras de parcelas forestales españolas. Montes, 155: 321-325.

RUANO, I; BRAVO, F.; PANDO, V.; 2009. Influencia de la intensidad de luz y la disponibilidad hídrica en la germinación y primeros meses del pino negral (*Pinus pinaster* Ait.). En SECF-Junta de Castilla y León (ed.). Actas del 5º Congreso Forestal Español [en línea]: www.congresoforestal.es.

SERRADA, R.; 2011. Apuntes de Selvicultura. EUIT Forestal, UPM. Fundación Conde del Valle de Salazar. 501 + CD. Madrid.

SPURR, S. H.; BARNES, B. W.; 1982. Ecología Forestal. AGT Editor, S.A. 690. México.

SUÁREZ, C.; CEBALLOS, J.; HUERTAS, D.; ALLUÉ, M. 1999. Un siglo de Ordenación y Selvicultura en la Tierra de Pinares Segoviana. En MADRIGAL, A. (ed.): Ciencias y Técnicas Forestales. 150 de aportaciones de los ingenieros de montes. 121-150. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

TECNOSYLVA (Ed.); 2003. Novena Revisión del Proyecto de Ordenación del M.U.P. N° 48 “Común Grande de las Pegueras”, perteneciente a la Comunidad de Villa y Tierra Antigua de Cuéllar (Segovia). Tomo I y II. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Castilla y León (ed.). Segovia.

TRAGSA-TRAGSATEC (Ed.); 1993. Octava Revisión de la Ordenación del M.U.P N° 48 de la Provincia de Segovia, “Común Grande de las Pegueras”. Tomo I, II, III, IV y V. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Castilla y León (ed.). Segovia.

VALLADARES, F.; 2006. La disponibilidad de luz bajo el dosel de los bosques y matorrales ibéricos estimada mediante fotografía hemisférica. Ecología 20, 11-30.

