

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN LOCAL DE LA ESTACIÓN EN LA RESTAURACIÓN FORESTAL

A.D. del Campo¹, J. Hermoso², A.M. Cabrera³, A.J. Ibáñez¹ y R.M. Navarro Cerrillo³

¹ EPS Gandía, U. P. Valencia, Ctra. Nazaret-Oliva s/n. 46730-GANDÍA (Valencia, España). Correo electrónico: (ancamga@dihma.upv.es)

² Conselleria de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana. c/ Gregorio Gea. 27. 46009-VALENCIA (España)

³ ETSIAM. Universidad de Córdoba. Departamento Ingeniería Forestal. Alameda del Obispo s/s. 14080-CÓRDOBA (España)

Resumen

La repoblación forestal puede presentar resultados muy variables dentro de una misma actuación debido básicamente a variaciones locales de estación. Una evaluación del estado actual de repoblaciones permitirá, por un lado, la determinación de los factores ecológicos que determinan esta variación local, y por otro, el conocimiento del estado de la repoblación en términos de supervivencia, crecimiento o densidad real plantada. El trabajo realizado ha consistido en el muestreo de dos repoblaciones de varios centenares de hectáreas realizadas por la Administración en la provincia de Valencia (campana 02-03). Se han registrado variables de estado (supervivencia y crecimiento) así como determinados factores ambientales que han podido explicar los resultados. Se ha obtenido una gran discrepancia en el estado de la plantación en función del punto de muestreo dentro de un mismo rodal. Así, se han medido variaciones en la supervivencia del 85% en zonas con una aparente escasa variación de los factores ambientales. Igualmente, la respuesta en crecimiento ha discrepado considerablemente de unos puntos a otros. Esta información se ha cruzado con la correspondiente a inventarios florísticos realizados en cada punto de muestreo, estudiándose la posibilidad de diagnosticar de un modo más acertado la calidad del rodal (y por tanto la especie o técnica reforestadora a utilizar) en base a las características de la vegetación preexistente.

Palabras clave: *Estación forestal, Evaluación repoblaciones, Micrositios de plantación*

INTRODUCCIÓN

La repoblación forestal es la herramienta más comúnmente empleada en la restauración del medio en la provincia de Valencia, si bien es frecuentemente la presencia de un número de marras superior al 30% y en numerosas ocasiones al 70% (ALLOZA et al., 1999). Estos elevados porcentajes suponen una verdadera lacra en cuanto al proceso de recuperación de zonas degradadas; no obstante, estas cifras pueden llegar a ser muy

variables dentro de una misma actuación. En otras ocasiones, el desarrollo de los plantones se ralentiza extraordinariamente, debido a la lentitud que supone el proceso de establecimiento en las extremas condiciones que dominan en estos ambientes de climatología adversa.

Las notables diferencias existentes en la calidad del establecimiento son función de los factores básicos que afectan a este proceso: condiciones ambientales, manejo de la planta, su morfología y su fisiología (SOUTH, 2000). Cada uno de

estos aspectos conlleva multitud de factores implicados e interrelacionados cuyo estudio posibilita un acercamiento a la comprensión de la respuesta postrasplante y con ello una fuente de información sobre aquellos tratamientos que maximicen el establecimiento (ROTH & NEWTON, 1996; KETCHUM & ROSE, 2000). Aunque los procedimientos de preparación del terreno o los diversos cuidados culturales pretenden actuar sobre las condiciones ambientales, estas son extraordinariamente variables no solo a nivel de estación, a la escala tradicionalmente empleada, sino también a nivel de micrositos (o microambientes) dentro de un mismo rodal u estación forestal, donde las condiciones ambientales pueden tener incluso mayor variación que entre diferentes rodales (JONES et al., 2002). Así, esta variabilidad espacial del terreno juega un papel muy importante en la regeneración, supervivencia y crecimiento de plantas individualmente tal y como se ha puesto de manifiesto en numerosas ocasiones (CASTRO et al., 2002; PAGE-DUMROESE et al., 2002; ÇOLAK, 2003). En otros países como Canadá la técnica de reforestación en micrositos lleva practicándose de forma efectiva desde los años 70 (ANÓNIMO, 2001).

Según lo anterior, una mejor discriminación y caracterización ecológica de los rodales de repoblación podría contribuir a optimizar las diferentes técnicas restauradoras (especies, densidades, preparación del terreno, cuidados culturales, etc.) ayudando a mejorar el establecimiento de los plántones (JONES et al., 2002). Esta necesidad ya ha sido puesta de manifiesto en trabajos previos realizados en la Comunidad Valenciana (ALLOZA et al., 1999) como herramienta para paliar los resultados adversos ya comentados. En este sentido, dado el papel integrador de la vegetación natural como indicativo de las condiciones ambientales (JORDAN et al., 2001), pueden utilizarse los distintos parámetros relacionados con su densidad, frecuencia, dominancia, etc. de manera práctica en la identificación de la calidad local de estación y por tanto del punto de plantación.

El objetivo de este trabajo ha sido, en primer lugar, caracterizar la participación de la variación local de la estación en la respuesta en plantación y, en segundo lugar, caracterizar esta heterogeneidad espacial en base a la información que aporta

la vegetación preexistente estudiando su grado de correlación con la respuesta de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo se escogieron dos repoblaciones forestales finalizadas en la campaña 02-03 y realizadas por la Administración Pública Valenciana. Se encuentran localizadas en los términos municipales de Tous y Enguera, ambos en la provincia de Valencia. La elección de estas actuaciones se debe, por un lado, a la elevada mortandad de plantas tanto en esta como en anteriores repoblaciones y por otro, al control realizado sobre la calidad de la planta destinada a estas repoblaciones acotando, en cierto modo, la posible influencia de esta variable en los resultados. La tabla 1 muestra las principales características de ambas actuaciones.

En ambos casos, se ha realizado un muestreo sistemático del estado de la plantación estableciendo una cuadrícula con una distancia de 400 metros entre puntos. El punto elegido como inicio de la cuadrícula fue aleatorio. Aunque se aumente considerablemente la densidad de muestreo el error no llega a reducirse a valores óptimos, por lo que se considera ésta como una densidad adecuada de muestreo (ALLOZA et al., 1998).

De este diseño surgieron un total de 30 puntos en Tous y 37 en Enguera. Las coordenadas de estos puntos fueron introducidas en un GPS (Etrex, Ventura) y se creó una ruta de muestreo con todos los puntos georreferenciados. En cada uno de los puntos de muestreo se tomaron como datos el *Nº de plantas vivas y muertas* en un radio de 6 metros, *altura y diámetro en la base del tallo* de 5 plantas vivas dentro de la superficie muestreada (113 m² por punto). La elección de estas plantas en los casos en los que había más de 5 fue totalmente aleatoria.

Para explorar la influencia de distintas variables de la plantación en esta respuesta (supervivencia y crecimiento) se consideró, en cada uno de estos puntos, las siguientes: *rodal*, *fecha de plantación* (clasificada en tres categorías según sea en los meses de octubre a noviembre (FP-1), diciembre a enero (FP-2) o febrero a marzo (FP-3)), *precipitación estival* (P_Jul&Ago), *densidad parcial de la repoblación* (D-P), *pendiente local*

Monte	Rodal	Supf. (ha)	Especie Ppal. (densidad)	Descripción- orientación	Pte (%)
Enguera: MUP N°-72 “Los Altos” Alt. Max/Min: 710-520 m T: 14°C P: 479 mm (56 estival)	A	40	Ppr / Ph (700)	Llano	5-15
	B	10	Ppr / Ph (850)	Llano	5-15
	C	440,6	Ppr / Ph (700)	Llano	5-15
	TOTAL	490,6	703		
Tous: MUP N° 22 “El Monte” Altitud Máx-Min: 571 – 350 T: 15,2°C P: 545 mm (50 estival)	A: Pico Nieve	100	Ppr / Ph (894)	Laderas (N y S)	10-40
	B: El campillo	88	Ph (900)	Llano	2-10
	C: El Caballón	106	Ph (894)	Llanos y laderas (S)	2-20
	D: La Peraleja	48	Ph (900)	Laderas (S)	10-30
	E: La Pajarita	63	Ph (900)	Llano / barrancos (S)	5-20
	F: Pertecates	30	Ppr (870)	Laderas (N y S)	15-40
	TOTAL	435	890		

Tabla 1. Resumen de las principales características de las repoblaciones muestreadas.

y *orientación local* (ocho intervalos). Estas dos últimas variables fueron obtenidas mediante un Modelo Digital del Terreno y la densidad parcial a partir del muestreo sistemático.

Solamente en la repoblación de Enguera se estudió la composición de las comunidades vegetales presentes como indicativo de la calidad local de estación. Para ello se realizaron transectos de 50 m de longitud en dirección S-N en una muestra de 11 de los 37 puntos de muestreo. La intención de estos inventarios es estudiar la variación local de la estación forestal a través de la respuesta que presenta la vegetación en cuanto a especies presentes, frecuencia y dominancia de cada especie o densidad de la cubierta vegetal. Los datos se obtuvieron, para cada transecto, subdividiendo la longitud en intervalos de 5 metros (10 intervalos en total) y muestreando en intervalos alternos (5 intervalos muestreados por punto). Se anotó para cada intervalo la especie y longitud interceptada de la misma, considerando únicamente las plantas tocadas por la cuerda o situadas por encima o debajo del plano delimitado por ella. Se consideró con igual criterio al suelo desnudo y a los afloramientos rocosos. Con estos datos se determinó, para cada especie: (i) el número de apariciones (N); (ii) Dominancia relativa = Longitud total interceptada por la sp A / Longitud total interceptada por todas las especies x 100; (iii) Frecuencia = N° intervalos en los que aparece la sp A / N° total de intervalos muestreados x 100; (iv) Frecuencia relativa = Frecuencia de la especie A / Frecuencia total para todas las especies x 100.

Igualmente, se determinó la densidad de especies arbustivas trazando, en las longitudes 10, 20, 30 y 40 metros de cada transecto, una perpendicular en estos puntos que divide el área en cuatro cuadrantes. En cada cuarto, se midió la distancia al centro del árbol (o arbusto) más cercano al punto central (recogiendo 16 valores por transecto).

El análisis de los datos se realizó primeramente mediante un estudio de las correlaciones bivariadas entre las variables de estado de la plantación (supervivencia y desarrollo en altura y diámetro) y las variables generales medidas en los muestreos sistemáticos. Para relacionar el estado de las plantaciones con las variables del muestreo de vegetación se realizaron igualmente correlaciones bivariadas y posteriormente se realizaron regresiones lineales múltiples por el método de ajuste de pasos sucesivos (stepwise), que selecciona las variables independientes paso a paso según su significación y teniendo en cuenta su posible redundancia con respecto a las demás. El criterio de entrada o salida empleado por el modelo es: Probabilidad de F para entrar < ,050; Probabilidad de F para salir > ,100. Todos los análisis fueron efectuados mediante el software SPSS 11.5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del muestreo realizado indican una variabilidad muy elevada en las distintas variables estudiadas que afecta, no solamente al contorno de la repoblación, sino al rodal

en particular (Tabla 2; figuras 1 y 2). Se observa que el rodal C de la repoblación de Enguera presentó un 45,2% de supervivencia con un error típico de la media de 5,8 y una desviación típica de 33, evidenciando esta importante variabilidad. El desarrollo de las plantas, ya sea en su altura o diámetro, también es fruto de una considerable variación (datos medios globales no mostrados) tal y como se puede apreciar en la figura 2. Estos valores se deben a la discrepancia de los resultados arrojados individualmente por los puntos de muestreo (Figuras 1 y 2).

Las correlaciones obtenidas de cada una de las tres variables de estado con las distintas variables generales se muestran en la tabla 3 y las correlaciones entre las variables de estado y las relacionadas con los transectos de muestreo de la vegetación (solo parcela de Enguera) aparecen en la tabla 4. En el primer caso (Tabla 3), en la parcela de Tous, las correlaciones obtenidas con las variables estudiadas se pueden considerar normales al consultar la bibliografía (ALLOZA Y VALLEJO, 1999; ROYO et al., 2000; NAVARRO Y PALACIOS, 2003), no obstante, en la parcela de Enguera las correlaciones son más bien escasas poniéndose de manifiesto la necesidad de buscar otras variables para explicar los resultados.

Cuando se analizan las correlaciones obtenidas en Enguera con las variables extraídas de los transectos realizados en varios puntos de muestreo se observa un mayor número de relaciones. Sin embargo, pese a la diversidad de especies encontradas en los transectos (12 especies), solo un número de cinco más el suelo aparecen corre-

lacionas. Según se aprecia, determinadas especies propias de las etapas más regresivas de la sucesión vegetal han presentado correlaciones negativas con la supervivencia. Asimismo, las tres variables que indican la presencia o abundancia de suelo desnudo también han mostrado una correlación negativa con esta variable. Al intentar relacionar la supervivencia con estas variables mediante la regresión lineal, el modelo ajustado considera únicamente a las variables *NSOIL* y *NCISA* para explicar el 76% de la supervivencia encontrada (Tabla 5). Estos resultados, aunque necesitados de una mayor representatividad de la muestra, son suficientes como para poner de manifiesto que las intrincadas combinaciones de factores bióticos y abióticos que operan a nivel de microambiente pueden sintetizarse en unos pocos parámetros relacionados con la vegetación preexistente que en nuestro caso se redujeron a dos.

El patrón espacial de variación de factores ambientales, con una importancia clave en la distribución y presencia de la vegetación natural, también afecta al resultado de repoblaciones forestales en una proporción importante. No obstante, es preciso señalar que los factores bióticos más comunes tales como predación por herbívoros o fuerte competencia herbácea no fueron observados en la práctica totalidad de los casos, por lo que los factores abióticos habrían sido en última instancia los responsables de los resultados. Entre ellos, los habitualmente considerados en este tipo de estudios son la variación espacial del régimen de luz, los niveles de humedad del

PARCELA	RODAL	Media supervivencia	Error típ. media	Desv. típ.
Enguera	A	100,0	.	.
	B	,000	,00	,0000
	C	47,64	5,76	33,10
	Total	45,19	5,77	35,11
Tous	A	75,28	8,50	20,83
	B	76,39	5,99	15,84
	C	53,47	14,84	36,36
	D	52,78	2,78	3,93
	E	34,83	11,58	25,90
	F	18,18	.	.
	Total	59,45	5,54	28,78

Tabla 2. Resumen de la supervivencia por parcela y rodales

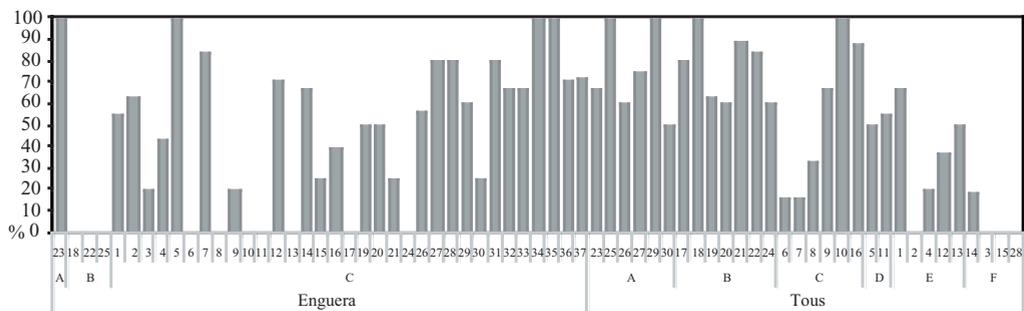


Figura 1. Valores de supervivencia por actuación y rodal obtenidos en cada punto de muestreo

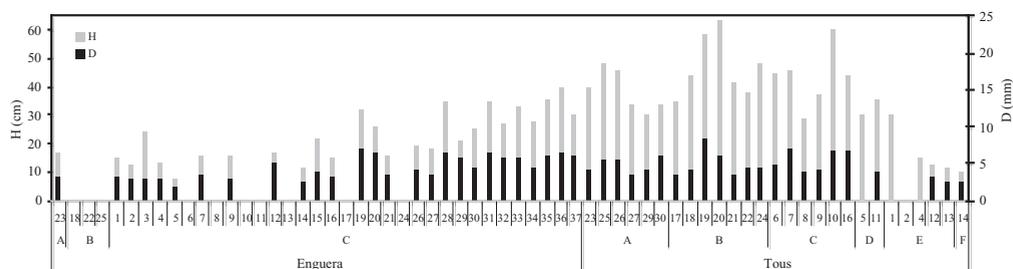


Figura 2. Valores de altura y crecimiento medios por actuación y rodal obtenidos en cada punto de muestreo

suelo, la cantidad de restos vegetales y hojarasca o las propiedades superficiales del suelo (BATTAGLIA *et al.*, 2000; QUEREJETA *et al.*, 2000; HERRERA, 2002). En este sentido, las preparaciones del terreno no habrían sido suficientes como para homogeneizar esta variación local y por tanto es preciso contemplarla a nivel práctico.

Otros trabajos realizados en ambientes mediterráneos (MAESTRE Y CORTINA, 2002; HERRERA, 2002) coinciden en la importancia de la variación local de las propiedades edáficas y de microambientes, así como de los patrones locales

de escorrentía superficial, con origen en la variación de la microtopografía del suelo, y esto a su vez tiene una implicación directa en el flujo de nutrientes y otras propiedades físicas del suelo importantes (CHIMMER Y HART, 1996).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta primera aproximación al problema estudiado ponen de manifiesto la existencia de una variación local

Tous	RODAL*	Fecha plant*	D-P	P_jul&ago	Pte.	Orientac*
% Sup	- 0,002	0,013	0,750	0,020	0,261	0,568
H	- 0,012	0,000	0,900	0,000	0,412	0,863
D	0,195	0,003	0,988	0,009	0,841	0,484
Enguera						
% Sup	0,293	0,281	0,000	0,001	0,802	0,928
H	0,617	0,447	0,107	0,000	0,968	0,187
D	0,531	0,930	0,165	0,001	0,452	0,605

Tabla 3. Resumen de la matriz de correlación entre las tres variables de estado y las variables generales de la repoblación. Solo se muestra la significación estadística. * Indica que el coeficiente utilizado es la rho de Spearman. En el resto de los casos se utilizó Pearson. Las correlaciones negativas están precedidas del signo -

Enguera	DVL	N- QUCO	DO- QUCO	F- QUCO	N- BRRE	DO- CIAL	N- CISA	F- CISA	N- THVU	DO- THVU	F- THVU	N- SOIL	DO- SOIL	F- SOIL
%	0,773	0,047	0,019	0,019	-0,011	-0,017	0,042	0,026	-0,028	-0,028	-0,032	-0,004	-0,010	-0,014
H	0,198	0,116	0,389	0,509	0,474	0,881	0,950	0,599	,	,	,	0,887	0,305	0,960
D	-0,046	0,132	0,746	0,349	0,178	0,594	0,450	0,697	,	,	,	0,574	0,065	0,744

* Indica que el coeficiente utilizado es la rho de Spearman. En el resto de los casos se utilizó Pearson. Las correlaciones negativas están precedidas del signo -. (DVL: densidad de la vegetación leñosa; N-AABB: nº de encuentros con la especie AABB; DO-AABB: dominancia relativa de la especie AABB; F-AABB: frecuencia relativa de la especie AABB; QUCO: Quercus coccifera; QUIL: Q. ilex; CISA: Cistus salvifolius; CIAL: C. albidus; THVU: Thymus vulgaris; SOIL: suelo mineral; BRRE: Brachypodium retusum)

Tabla 4. Resumen de la matriz de correlación entre las tres variables de estado y las variables generales de la repoblación. Solo se muestra la significación estadística

Parcela	Var. Depte.	R ² correg.	Error típ. estimación	g.l.	F	Significación	Cte.	NSOIL	NCISA
Enguera	Sup %	,763	14,937	10	17,117	,001	58,716	-6,623	4,505

Tabla 5. Regresión lineal múltiple ajustada al % SUP mediante las variables independientes correladas de la tabla 4 por el método stepwise

importante en la estación o rodal de plantación que es preciso caracterizar en pro de mejorar los resultados de las plantaciones. Esta caracterización pasa por el estudio de los distintos factores ambientales que son importantes para el desarrollo de los brinzales por lo que las distintas ramas de la ecología forestal (edafología, hidrología, microtopografía, micrometeorología, fitosociología, etc.) deben integrarse en este fin. Asimismo, las relaciones observadas en este estudio entre la composición florística de los puntos de plantación y el estado de los brinzales, ponen de manifiesto la importancia de la cobertura del suelo y de la vegetación preexistente en la supervivencia, por lo que es preciso ahondar en estas relaciones en pro de una mejor caracterización del micrositio de plantación.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLOZA, J.A.; FUENTES, D.; ARNAU, E.; BOIX, M. Y FERNÁNDEZ, B.; 1998. Seguimiento de repoblaciones forestales. *En: Reunión coord. programa I+D forestal*: 36-46. Fundación CEAM, Castellón.
- ALLOZA, J.A.; BOIX, M. Y FUENTES, D.; 1999. Seguimiento de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. *En: Programa de investigación y desarrollo en relación con la restauración de la cubierta vegetal: Reunión de coordinación*, pp. 55-69. Fundación CEAM, Castellón.
- ALLOZA, J.A. Y VALLEJO, R.; 1999. Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. *Ecología* 13: 173-187.
- ANONIMO; 2001. *Microsite selection and the informed planter: A critical step*. B.C. Ministry of Forests, Victoria, B.C. (www.for.gov.bc.ca/hfp/planting/micro/micros.htm).
- BATTAGLIA, L.L.; FOREÀ, S.A. & SHARITZ, R.R.; 2000. Seedling emergence, survival and size in relation to light and water availability in two bottomland hardwood species. *J. Ecol.* 88: 1041-1050.
- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HODAR, J.A. & GOMEZ, J.M.; 2002. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in mediterranean mountains. *Restor. Ecol.* 10: 297-305.
- CHIMNER, R.A. & HART, J.B.; 1996. Hydrology and microtopography effects on northern white-cedar regeneration in Michigan's Upper Peninsula. *Can. J. Forest Res.* 26: 389-393.
- ÇOLAK, A.; 2003. Effects of microsite conditions on scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in high elevations plantings. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 122: 36.
- HERRERA, C.M.; 2002. Topsoil properties and seedling recruitment in *Lavandula latifolia*: stage-dependence and spatial decoupling of influential parameters. *Oikos* 97: 260-270.
- JONES, M.D.; KIISKILA, S. & FLANAGAN, A.; 2002. Field performance of pine stock types:

- 2 year results of a trial on interior lodgepole pine seedlings grown in Styroblocs, Copperblocks or airblocks. *B. C. J. Ecosystems & Management* 2-1, art5. www.forrex.org/jem/2002/vol2/no1
- JORDAN, E.; SELVA, M.; ARTIAGO, A. Y GARCÍA, J.; 2001. Análisis de la composición y estructura de un sistema forestal del sureste ibérico (Sierra Segura, Albacete). *En: Junta de Andalucía – S.E.C.F. (eds.), III Congreso Nacional Español – Sierra Nevada 2001*, I: 23-28. Coria Gráfica. Sevilla.
- KETCHUM, J.S. & ROSE, R.; 2000. Interaction of initial seedling size, fertilization & vegetation control. *In: 21st Forest Vegetation management conference*. 63-69. Redding, CA.
- MAESTRE, F.T. & CORTINA, J.; 2002. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. *Plant Soil* 241: 279-291.
- NAVARRO, R.M. Y PALACIOS, G.; 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17: 199-204.
- PAGE-DUMROESE, D.; DUMROESE, R.K.; CARPENTER, C. & WENNY, D.L.; 2002. *Relationship of seed microsite to germination and survival of lodgepole pine on high elevation clearcuts in northeastern Utah*. USDA-Forest Service, Research Note RMRS-RN-14.
- QUEREJETA, J.I.; ROLDÁN, A.; ALBALADEJO, J. Y CASTILLO, V.; 2000. Soil physical properties and moisture content affected by site preparation in the afforestation of a semiarid rangeland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2087-2096.
- ROTH, B.E.; NEWTON, M.; 1996. Survival and growth of douglas-fir relating to weeding, fertilization and seed source. *Western J. Appl. Forestry* 11: 62-69
- ROYO, A.; GIL, L.; PARDOS, J.A.; 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 10: 57-62.
- SOUTH, D.B.; 2000. *Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth*. Forestry and Wildlife R.S. N° 1. Alabama Agricultural Exp Stat. Auburn University, Alabama.