

RELACIÓN ENTRE CALIDAD DEL SITIO Y COMUNIDADES VEGETALES EN RESTAURACIONES FORESTALES DE LA PROVINCIA DE VALENCIA. APLICACIÓN A LA DELIMITACIÓN DE RODALES

Antonio D. del Campo García, Guillem Segura Orenga, Sara Molina Grau y Raquel Tàrraga Pina

E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n. 46022-VALENCIA (España).
Correo electrónico: ancampa@dihma.upv.es

Resumen

La determinación de la calidad de estación o sitio a escala de rodal es un factor crucial en restauración forestal pues permite la identificación de microambientes y por tanto la optimización de las mezclas de especies según un patrón más similar al natural. La vegetación pre-existente puede ayudar a esta caracterización al reflejar en buena medida las condiciones ecológicas del sitio. Sin embargo, esta información es en ocasiones relegada debido a la necesidad de elaborarla y ajustarla localmente, lo que complica la dinámica de la obra, tanto en su fase de proyecto como de ejecución. Se han seleccionado varias reforestaciones distribuidas por la provincia de Valencia y se ha realizado un muestreo sistemático sobre ellas, inventariando en cada punto la vegetación natural presente y su cobertura, la calidad del sitio, la humedad edáfica y el estado de los brinzales plantados. Sobre esta base de datos, se ha estudiado la relación entre las variables y, en base a ello, se han buscado indicadores de calidad local de estación fácilmente identificables, relacionados con la respuesta post-trasplante y que permitan al técnico de campo una mejor asignación sitio-especie. Los resultados indican que la profundidad del suelo es el factor clave en la calidad de estación en la generalidad de los casos y que la presencia de determinadas especies así como su cobertura puede predecirla adecuadamente ($R^2 > 72\%$), ayudando a extrapolar una información puntual a superficial.

Palabras clave: *Establecimiento, Reforestaciones, Calidad de estación, Fitosociología, Muestreo sistemático*

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2005 la administración valenciana ha iniciado un programa de reforestación en diversos montes públicos de la Comunidad. Sin embargo, la degradación acusada en algunas estaciones forestales, los desajustes entre proyecto y obra, algunas deficiencias en la ejecución de los trabajos o la propia calidad de planta, hacen que en muchas ocasiones estas actuaciones no den los resultados esperados.

Algunas de estas causas tienen como origen una caracterización ecológica de la estación insuficiente (en parámetros y en escala) que no ahonda lo necesario en los factores del medio que mayormente determinan la supervivencia de los plantones, tales como la profundidad del suelo o la evolución de su contenido de humedad (DEL CAMPO *et al.*, 2007). Así, la diversidad de situaciones en las que se encuentran los montes intervenidos desde el punto de vista forestal (especies, cobertura, clases de edad,...), unida la

variedad del medio físico, hacen que cada actuación tenga unas potencialidades y limitaciones ecológicas propias respecto de la acción restauradora. En la naturaleza, la regeneración, supervivencia y crecimiento de las plantas suele estar bastante ligada a las condiciones locales de estación (MAESTRE & CORTINA, 2002), siendo las propiedades físicas e hídricas del suelo, las que normalmente presentan mayor variabilidad. Trabajos previos (DEL CAMPO *et al.*, 2005) han puesto de manifiesto cómo el porcentaje de éxito en ciertas reforestaciones puede estar muy relacionado con la calidad local de estación y cómo ésta puede a su vez predecirse en base a la vegetación natural preexistente. Sin embargo, esta información suele relegarse debido a la necesidad de elaborarla y ajustarla localmente, lo que complica la dinámica de la obra, tanto en su fase de proyecto como de ejecución.

Según lo anterior, una mejor discriminación y caracterización ecológica de los rodales de repoblación podría contribuir a optimizar la técnica restauradora (especies, densidades, preparación del terreno, cuidados culturales, etc.) ayudando a mejorar el establecimiento de los plantones y los resultados de la repoblación a largo plazo (JONES *et al.*, 2002, NAVARRO *et al.*, 2006). En este sentido, puede considerarse el papel integrador de la vegetación natural como indicativo de las condiciones ambientales (JORDAN *et al.*, 2001), considerando parámetros relacionados con la composición específica, densidad, frecuencia, dominancia, etc. de manera práctica en la identificación de la calidad local de estación.

Este trabajo se enmarca en un estudio de mayor rango que pretende contrastar una metodología de control integral de calidad de obra en restauraciones forestales y mejorar el conocimiento actual de la técnica en el ámbito de la Comunidad Valenciana. En concreto, el objetivo

planteado aquí es conocer qué relación existe entre la calidad local de estación (medida a través de la profundidad del suelo, la humedad media del suelo y la supervivencia pre-estival) y la presencia de series/asociaciones de vegetación o determinadas especies indicadoras que puedan ayudar a interpretar el biotopo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo tiene como ámbito geográfico de actuación varias obras de repoblación forestal llevadas a cabo en la campaña 06-07 en montes públicos de la provincia de Valencia (Tabla 1).

Para el desarrollo del trabajo se ha realizado una malla de puntos de muestreo mediante un procedimiento sistemático. En estos puntos se replantea una parcela circular o rectangular y se realizan los muestreos de vegetación, estado de la repoblación y condiciones del sitio (profundidad y humedad del suelo). La variable considerada para el dimensionamiento del muestreo (número de parcelas) ha sido la supervivencia. Teniendo en cuenta los criterios de MATNEY & HODGES (1991) y TORRES Y MAGAÑA (2001) y trabajos previos (ALLOZA, 2003; CABRERA, 2005; DEL CAMPO *et al.*, 2005), se ha considerado un error de muestreo máximo del 10% y una densidad de muestreo de 1 parcela/6 ha, que lleva a errores relativos inferiores al 15% (Tabla 1).

En cada parcela el radio ha oscilado entre 12 y 18 metros a fin de lograr una muestra de 30-60 plantas en su interior, excepto para el muestreo florístico (ver siguiente párrafo). Se utilizó un Vertex III para la medición de las distancias en campo. En cada parcela se determina la especie/s con que se ha repoblado y su mortalidad, humedad volumétrica (%) del suelo en 10 puntos (TDR Field Scout, 100) medida mensualmente a

MONTE	MUNICIPIO (Valencia)	Altitud media	Especies repoblación principales	Parcelas muestreo
V42 Dehesa del Rebollo	Aras de los Olmos	950	Varias (rep. bajo cubierta)	7
V1012 El Carrascal, Los Llanos y Las Umbrías	La Yesa	1000-1300	Varias (rep. bajo cubierta)	19
V1046 Fuente del Sapo	Chiva	550	<i>Pinus halepensis</i>	17
V1073 Casa del Collado	Dos Aguas	610	<i>Pinus pinaster</i>	18

Tabla1. Actuaciones de repoblación en Valencia donde se ha realizado el estudio

lo largo del primer semestre del 2007, profundidad del suelo en 10 puntos medida con barrena, caracterización florística y cobertura vegetal.

La caracterización florística se ha realizado mediante las directrices de la escuela sigmatística o de Zurich-Montpellier, a través de los métodos propuestos por Braun-Blanquet, que se basa en el grado de cobertura. Para cada parcela se ha realizado un inventario con el mismo centro que el de la parcela, pero de forma cuadrada y con una superficie de 100 m². Se han anotado todas las especies presentes y se les ha asignado un índice de cobertura, dentro de la superficie delimitada, de la siguiente forma (porcentaje, valor medio asignado, símbolo): presencia menor del 1% (0,2), +; 1-5% (2,5), 1; 5-25% (15), 2; 25-50% (37,5), 3; 50-75% (62,5), 4; 75-100% (87,5), 5.

El análisis de los datos se realizó primeramente mediante un estudio de las correlaciones bivariadas entre las variables de estado de la plantación (mortalidad), las variables de calidad de sitio (profundidad y humedad media del suelo) y las variables de los inventarios florísticos (cobertura de cada especie). 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 muestran una elevada variabilidad en las distintas variables determinadas (Tabla 2), lo cual es reflejo de la disparidad de condiciones ecológicas que pueden encontrarse en los montes estudiados (VALDECANTOS *et al.*, 2006; DEL CAMPO *et al.*, 2007). La mortalidad pre-estival ha sido mayor en el monte V1073 (un 43%), probablemente debido a una mala elección de especie. En cualquier caso, en este monte se han medido parcelas con un 91% y otras con tan solo un 7% de mortalidad, por lo que los datos son adecuados para los propósitos de este trabajo. El resto de montes han dado valores medios inferiores al 20%.

La profundidad del suelo se ha encontrado en el rango 17-43 cm (Tabla 2), que puede considerarse como amplio a las vista de los valores típicos de las estaciones valencianas (DEL CAMPO *et al.*, 2007). En lo relativo a las humedades del suelo, el valor medio del primer semestre ha oscilado entre el 7,4 y el 36% (Tabla 2) para el total de repoblaciones, aunque la variabilidad también es alta al interior de una misma actuación (Tabla 2).

Los resultados de los inventarios florísticos han permitido identificar 4 series de vegetación, una común para los montes V1073 y V1046 y las otras 3 en las repoblaciones bajo cubierta (Tabla 2 y figura 1). Dentro de la serie *Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae* sig. se han identificado 4 alianzas o subalianzas en el monte V1073 y dos en el monte V1046. En el monte

Monte:	V1012	V1046	V1073	V42
Mortalidad pre-estival y rango en parcelas (%)	10,8 (0-39)	19,3 (5-83)	42,8 (7-91)	4,6 (2-10)
Rango humedad media del suelo (%)	7,4-24	8,3-25	12-36	9,5-15,5
Rango Profundidad media del suelo (cm)	17-35	16-37	17-43	21-30
Series de vegetación	<i>Junipero hemisphaerico-thuriferae</i> sig.; <i>Hedero helicis-querceto rotundifoliae</i> sig.	<i>Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae</i> sig.	<i>Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae</i> sig.	<i>Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae</i> sig

Tabla 2. Valores medios totales y rangos (de las medias por parcela) de las variables determinadas en las cuatro repoblaciones forestales estudiadas

V42 se ha identificado una única alianza y en el V1012 dos alianzas en la *Junipereto hemisphaerico-thuriferae* sig. y una en la *Hedero helicio-querцeto rotundifoliae* sig. (Figura 2).

Los resultados reflejados en la figura 1 y la tabla 3 indican que las series que se encuentran sobre suelos más profundos y a mayores altitudes medias poseen menor mortalidad. Por otra parte, se observa que la relación de la humedad del suelo con el resto de variables ha sido escasa, probablemente debido a la diferente fecha de su determinación entre unos montes y otros (haciendo que en algunos casos las lecturas fueran próximas a las precipitaciones y en otro no). Trabajos similares (DEVINEAU & FOURNIER, 2006; ZAS & ALONSO, 2002) relacionan también la vegetación presente con las características y el perfil del suelo.

Relacionando el estado de regresión de las series encontradas con la mortalidad, se observa

que a mayor degradación mayor mortalidad. Así, la serie *Rubio-Querцeto rotundifoliae* se encuentra en fase de matorral degradado al igual que la *Junipereto hemisphaerico-thuriferae*, representada por un sabinar enebreal bastante abierto. En cambio *Hedero-Querцeto rotundifoliae* y *Rhamno-Querцeto cocciferae*, se encuentran sobre suelos más profundos y con un estrato de pinar con matorral evolucionado respectivamente. También se debe tener en cuenta que la mortalidad es pre-estival con lo que los datos para las repoblaciones situadas a mayores altitudes son aún insuficientes (seguramente el verano acentúa aún más la diferencia entre las diversas series). Al descender del nivel de serie (Figura 2), se observa una clara tendencia entre el aumento de profundidad-humedad y la disminución de la mortalidad. Igualmente, vuelve a destacar la baja mortalidad en determinadas unidades vegetales como en los pinares de *Pinus nigra* y *Pinus hale-*

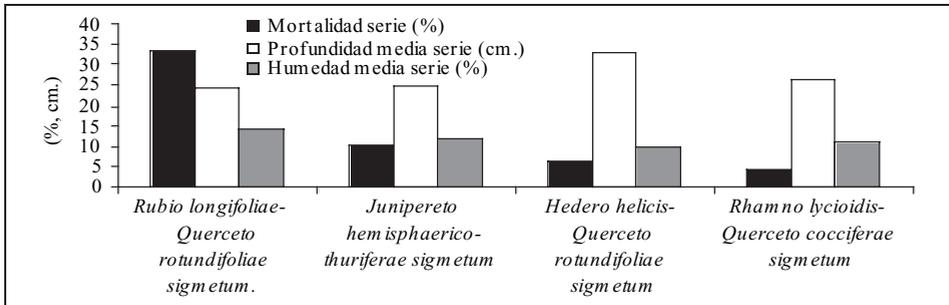


Figura 1. Relación de las series con los valores medios de los parámetros de calidad de estación medidos

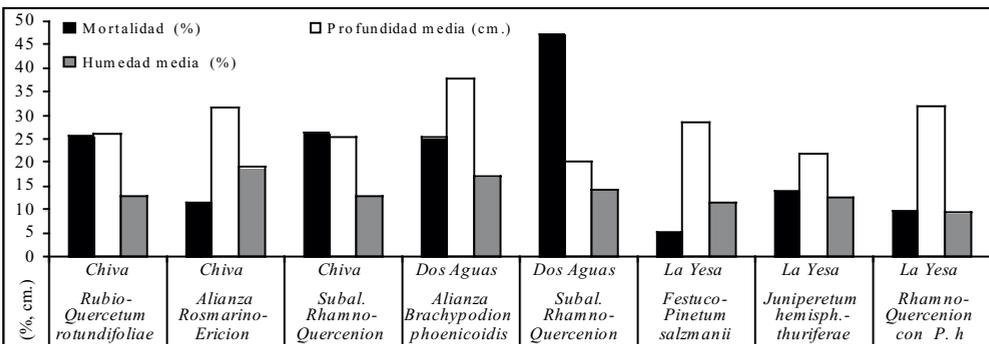


Figura 2. Relación de las alianzas, subalianzas o comunidades presentes con los valores medios de los parámetros de calidad de estación medidos

pensis y en brezales romerales sobre margas, debida a mayores profundidades y coberturas arbóreas, es decir a la mejor estación. La degradación de la vegetación y del suelo por erosión da lugar a mayores mortalidades.

La tabla 3 indica las correlaciones obtenidas entre las variables de calidad de estación para cada serie de vegetación (montes V1073 y V1046 conjuntamente, monte V1012 considerando únicamente la serie *Junipero hemisphaerico-thuriferae* sig. y monte V42) y las coberturas de las distintas especies determinadas. Por su parte, la tabla 4 resume el resultado de las regresiones lineales realizadas para cada monte a fin de obtener modelos predictivos de calidad de estación en base a la vegetación presente. En cada uno de estos se han identificado una serie de variables independientes que resultan significativas.

El resultado de ambos análisis resulta un tanto similar. En primer lugar para los montes V1073 y V1046 correspondientes a la primera serie, se observa como la mortalidad es significativamente proporcional a la presencia de *Stipa offneri* y *Thymus aestivus*, que son dos especies propias de zonas pedregosas y calidas, indicando por tanto la peor estación. Al contrario ocurre con *Genista scorpius*. También es determinante la profundidad del suelo y una especie indicadora de ésta y una tanto exigente en humedad, *Brachypodium phoe-*

nicoides. Ambas variables indican mejor estación en cuanto aumentan. En el monte V1012 se da un mayor mortalidad cuando disminuye la presencia de *Quercus ilex* y *Juniperus phoenicea*, dado que requieren de una mayor profundidad y a su vez indican una menor degradación del monte. El monte V46, resulta bastante homogéneo, por lo que la variabilidad florística es mínima, únicamente la geomorfología influye por lo que la pendiente ha resultado significativa, concretamente proporcional a la mortalidad.

CONCLUSIONES

El estudio revela la utilidad de los estudios fitosociológicos detallados a escala de monte en la delimitación de microrodales dentro de la repoblación y por tanto en su optimización. Este hecho lo prueban los buenos ajustes obtenidos en las distintas series para algunas de las variables de calidad de sitio más determinantes en repoblación.

Agradecimientos

Este estudio está integrado en los convenios de I+D realizados entre la Universidad Politécnica de Valencia y las empresas TRAG-

Serie	Variable	Prof. suelo	Pendiente	%Ca	%Ta	%Pl	%Gs	%So	%Bp	%Bri
<i>Rubio-Querceto rotundifoliae</i> sig. (N=34) (V1073 y V1046)	Mort	-0,51**	-0,39*		0,53**		-0,35*	0,40*		
	Hum Suelo		-0,51**	-0,48*		0,39*			0,57**	
	Prof. suelo								0,70**	0,36*
<i>Junipero hemisphaerico-thuriferae</i> sig. (N=16) (V1012)		Pendiente % Cobertura total		%Tv	%Qi	%Kv	%Br	%Am		
	Hum Suelo	0,65*	-0,51*					0,54*		
	Prof. suelo		0,61**	-0,60**	0,47*	-0,49*	-0,49*			
<i>Rhamno-Querceto cocciferae</i> sig. (N=7) (V46)		Pendiente		%Ph	%Qc					
	Prof. suelo			-0,86*	0,88*					
	Mort	0,82*								

(Am: *Aphyllantes monspeliensis*; Bp: *Brachypodium phoenicoides*; Br: *Brachypodium retusum*; Bri: *Bupleurum rigidum*; Ca: *Cistus albidus*; Gs: *Genista scorpius*; Kv: *Koeleria vallesiana*; Ph: *Pinus halepensis*; Pl: *Pistacea lentiscus*; Qi: *Quercus ilex*; Qc: *Quercus coccifera*; So: *Stipa offneri*; Ta: *Thymus aestivus*; Tv: *Thymus vulgaris*).

Tabla 3. Resumen de la matriz de correlación de Pearson entre la mortalidad, las variables de la estación y las coberturas de las especies identificadas en los inventarios florísticos para los montes V1073 y V1046; V1012; V42. * indica correlación significativa al nivel $\leq 0,05$ y ** al nivel $\leq 0,01$; (N=34)

Monte	Var. Depte.	R ² correg.	Err.Típ.	F	Sig.	Cte.	Ind_1	Ind_2	Ind_3
V1073	Prof suelo	,835	3,103	86,843	,000	20,61	%Bp:,35		
	Hum. suelo	,721	2,9643	15,641	,000	16,42	%Bp:,30	%Pl:1,54	%Dp:-4,98
	Mort %	,678	13,258	18,863	,000	28,35	%Ca:2,56	%Ta:,88	
V1046	Prof suelo	,725	2,904	12,397	,001	20,976	%Jo:4,69	%Gs:3,97	%Qc:,093
	Hum. suelo	,385	2,1583	9,124	,011	14,46	%Ta:-1,55		
	Mort %	,776	9,697	16,021	,000	88,054	Prof:-2,38	%So:103,9	%Hm:-90,92
V1012	Hum. suelo	,831	1,4603	25,540	,000	12,465	%Br:,72	%Ea: -2,94	
	Mort %	,683	6,640	11,790	,004	31,840	%Qi:-129,1	%Jp:-1,71	
V42	Prof suelo	,994	,400	422,54	,000	22,820	%Qc:,186	%Dp:-22,767	
	Mort %	,662	1,674	10,796	,030	-2,545	Pte.:263		

Bp: Brachypodium phoenicoides; Br: Brachypodium retusum; Ca: Cistus albidus; Dp: Dorycnium pentaphyllum; Ea: Erinacea anthyllis; Gs: Genista scorpius; Hm: Helianthemum marifolium; Jp: Juniperus phoenicea; Jo: J. oxycedrus; Pl: Pistacea lentiscus; P: profundidad suelo; Qi: Quercus ilex; Qc: Q. coccifera; So: Stipa offneri; Ta: Thymus aestivus.

Tabla 4. Modelos de regresión lineal múltiple ajustados para las variables dependientes de calidad de estación y mortalidad pre-estival y las variables independientes de calidad de estación y cobertura de las distintas especies vegetales identificadas en los inventarios. En algunas ecuaciones se han dejado algunas variables del biotopo como independientes por su buen ajuste con la mortalidad

SA y DIMESA, auspiciados por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana. La Universidad Politécnica de Valencia ha contribuido a través del Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLOZA, J.A.; 2003. *Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación.* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- CABRERA ARIZA, A.M.; 2005. *Supervivencia y crecimiento en dos repoblaciones forestales: análisis de influencia de distintas variables.* T.P.F.C. E.T.S.I.A. - Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- DEL CAMPO, A.D.; HERMOSO, J.; CABRERA, A.M.; IBÁÑEZ, A.J. Y NAVARRO, R.M.; 2005. Influencia de la variación local de la estación en la restauración forestal. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 20: 79-85.
- DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M.; HERMOSO, J. & IBÁÑEZ, A.J.; 2007. Relationships between site and stock quality in *Pinus halepensis* Mill. reforestations on semiarid landscapes in eastern Spain. *Ann. For. Sci.* 64: 719-731.
- DEVINEAU, J.L. & FOURNIER, A.; 2006. Integrating environmental and sociological approaches to assess the ecology and diversity of herbaceous species in a Sudan-type savanna (Bondoukuy, western Burkina Faso). *Flora* 202: 350-370.
- JONES, MD.; 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. *BC 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: S.E.C.F.-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio* 1: 23-28. Coria Gráficas. Sevilla.
- MAESTRE, FT & CORTINA, J.; 2002. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. *Plant and Soil* 241: 279-291.
- MATNEY, T.G. Y HODGES, J.; 1991. Evaluating regeneration success. *In: M.L. Duryea & P.M. Dougherty (eds.), Forest Regeneration Manual: 321-331.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

- NAVARRO R.M.; DEL CAMPO A. Y CORTINA J.; 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En: J. Cortina et al. (eds.), *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos*: 31-46. O.A.P.N. Ministerio Medio Ambiente. Madrid.
- PEMAN GARCÍA, J. Y NAVARRO CERRILLO, R.; 1997. *Replantaciones forestales*. Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida
- TORRES, J.M. Y MAGAÑA, O.S.; 2001. *Evaluación de plantaciones forestales*. Limusa. Mexico.
- VALDECANTOS, A.; CORTINA J. & VALLEJO, V.R.; 2006. Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Ann. For. Sci.* 63: 249– 256.
- ZAS, R. & ALONSO, M.; 2002. Understory vegetation as indicators of soil characteristics in northwest Spain. *Forest Ecol. Manage.* 171: 101-111.