

Diversificación estructural de masas forestales artificiales. Resultados de ensayos en Andalucía Oriental

C. Carreras Egaña*

Delegación de Medio Ambiente. C/ Hermanos Machado, 4, 4.ª. 04004 Almería (España)

Resumen

Se exponen los principales resultados de experiencias de diversificación de repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill., dieciséis años después de la instalación de las parcelas. Los ensayos consistieron en la realización de cortas en fajas de diferentes anchuras, con vistas a iniciar la regeneración natural, y la introducción en ellas mediante siembra y plantación de especies de matorral y arbóreas. Se han encontrado diferencias de supervivencia y de crecimiento de las especies introducidas y de la regeneración natural en relación con las dimensiones del hueco en que se encontraban. En las fajas con anchuras efectivas (entre copas) inferiores a un cuarto de la altura media de la masa las plantas obtenidas por siembra han tenido escasa supervivencia y crecimiento. Con anchuras superiores a 1/3 de la altura se han obtenido plantas con crecimientos aceptables de una reducida selección de especies, de las que algunas como *Coronilla juncea* L. empiezan a tener regeneración. Las plantaciones han tenido un elevado porcentaje de marras y crecimientos muy reducidos. La regeneración viable de *Pinus halepensis* Mill. ha quedado restringida a los huecos con diámetro igual o superior a la altura de los árboles de la masa. Se refieren también algunos resultados análogos observados en parcelas instaladas en masas de *Pinus pinaster* Ait.

Palabras clave: repoblación forestal, regeneración, matorral, hueco de dosel, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*.

Abstract

Structural diversification in artificial forest stands. Results of experiment plots in eastern Andalusia

Results of experiments of diversification of stands of *Pinus halepensis* Mill. are presented, sixteen years after the plots installation. In the plots strip cuts of different widths were made in order to begin natural regeneration, and shrub and tree species were introduced by sowing and planting. Differences in survival and growth of the introduced species and the natural regeneration, in relation to canopy gaps dimensions are shown. Sowings below gaps with widths less than one fourth of the stand height turned out to be useless. Gap widths greater than one third of the stand height have permitted acceptable growth of some of the introduced species, a few of them, e.g. *Coronilla juncea* L., are beginning to regenerate. Planted seedlings have presented high percentages of mortality and very low growth. Viable regeneration of *Pinus halepensis* has been limited to gaps with diameter greater than stand height. Analogous results obtained in plots on *Pinus pinaster* stands are also referred.

Key words: afforestation, shrub, regeneration, canopy gap, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*.

Introducción

Entre 1988 y 1993, en un programa de asistencia técnica a la administración forestal andaluza que fue dirigido por nuestro querido profesor D. Juan Ruiz de la Torre, y en el que colaboramos Juan Ignacio García Viñas, Mariana Orti Moris y quien suscribe, se realizaron ensayos de restauración de áreas críticas y de di-

versificación de masas forestales artificiales en Andalucía Oriental (Ruiz de la Torre *et al.*, 1996).

En la faceta de diversificación de masas artificiales, el planteamiento de los ensayos pretendía responder a la cuestión de si era factible acelerar la integración ecológica de grandes repoblaciones realizadas entre los años 60 y 80 en Andalucía oriental, que presentaban características (homogéneas, con fuerte densidad, sotobosque ausente o muy pobre) alejadas del modelo ideal de masa madura (diversa en edades y composición) mediante actuaciones que favorecieran el comienzo de la regeneración natural y el enriqueci-

* Autor para la correspondencia: carlosn.carreras@juntadeandalucia.es

Recibido: 19-04-06; Aceptado: 11-10-06.

miento del cortejo florístico, principalmente con especies de matorral. Otros objetivos planteados además de la integración ecológica, fueron la transformación de estas masas coetáneas en masas irregulares (por considerarlas más adecuadas para el fin protector para el que fueron creadas) y la potenciación de otros usos del monte demandados por la sociedad (cinagético, recreativo, pastoral).

Como precedentes de esta idea hay que señalar la de introducción de encinar bajo cubierta de pinar propugnada por De Simón (ver art. de 1995, aunque ensayada mucho antes), inspirada a su vez en el objetivo de promoción de la evolución progresiva de la vegetación que proponían Ceballos y Ximénez de Embún en el Plan General para la repoblación forestal de España (1939). No se han encontrado en la bibliografía precedentes de ensayos con especies de matorral.

Entre las experiencias realizadas en fechas posteriores en el ámbito nacional cabe citar las siguientes: Martínez Montes *et al.* (1996) refieren los resultados de introducción de encina y otras frondosas en una repoblación de cipreses recién aclarada en la Sierra de Cazorla; Álvarez Linarejos *et al.* (1997) exponen los resultados de introducción de encina bajo pinar de negral con dos intensidades de clara del pinar; en los trabajos de Vilagrosa *et al.* (1997), Maestre *et al.* (2003) y Jiménez *et al.* (2004), se comparan resultados de plantaciones debajo y fuera de la copa de los pinos.

Valle y Bocio (1995) plantearon para una zona del litoral granadino, en el caso del pinar repoblado, una secuencia de actuaciones de introducción que empezarían con especies herbáceas, continuando con matas de consistencia y talla cada vez mayor para llegar a una masa de pinar con matorral.

Alejano y Martínez (2003) plantean la posibilidad de diversificación de los pinares asimilables a seriales mediante la introducción de *Quercus* en repoblaciones (evitando los suelos poco profundos) tras unas claras moderadas o muy moderadas para mantener el ambiente nemoral.

La «introducción de especies bajo cubierta de pinar» se ha señalado como posible actuación de transformación de masas de pinar de repoblación en los dominios de las series de la encina y el lentisco en Andalucía Oriental (Costa *et al.*, 2004).

Dieciséis años después de los primeros ensayos, hemos revisado el estado de la vegetación introducida y la regeneración natural, y observado la relación de este nuevo estrato con las dimensiones de los huecos del dosel.

Material y Métodos

Se instalaron catorce parcelas de ensayo de masas artificiales, seleccionadas por los jefes de los departamentos de actuaciones forestales de las delegaciones provinciales. En cada una de ellas se realizaron siembras y plantaciones con distintos tratamientos en cuanto a anchura de faja de corta, preparación del suelo, siembra, plantación y mulchado.

Para una primera aproximación de las dimensiones más adecuadas para conseguir la regeneración natural y la introducción de las especies de matorral deseables se consideraron fajas de corta de dos anchuras distintas: de 4-5 m las estrechas, formadas por tramos de 10 m de largo de una sola terraza; de 8-10 m las anchas, formadas por tramos de 20 m de dos terrazas contiguas. En las estrechas se apearon la totalidad de los pies; en las fajas anchas se dejaron sin cortar dos árboles padres en cada tramo. El dosel entre las fajas se dejó intacto. Para evitar el efecto negativo de los bordes rectos en el paisaje, las fajas de corta se diseñaron con forma ondulada, uniendo tramos de faja a nivel con segmentos de desviación a 45° para cambiar de terrazas y conseguir así una disposición escaqueada. En cada parcela de ensayo se realizaron dos fajas estrechas, formadas por 8 huecos escaqueados, y dos fajas anchas, con 4 huecos.

Como especies de enriquecimiento seleccionamos especies del complejo evolutivo correspondiente a la especie principal, dando preferencia a las leguminosas leñosas. Para la implantación se emplearon inicialmente las siembras a voleo y en surcos, con preparación del suelo mediante laboreo somero manual. Ante la ventaja en nascencia de las siembras en surcos encontrada en los primeros ensayos, las siembras posteriores se hicieron con este método. Se ensayó la cobertura de las zonas de siembra con distintos mulchados (ramaje, astillas, abono orgánico, restos de quema de los residuos de corta). También se realizaron plantaciones en hoyos abiertos manualmente (30 cm × 30 cm), con y sin tubos protectores, de algunas especies de matorral y arbóreas. El diseño experimental inicial fue en parcelas subdivididas con asignación aleatoria de los tratamientos. El primer factor fue la anchura de las fajas (dos anchas y dos estrechas en cada parcela); el gradeo se aplicó en mitades de fajas, el mulchado en octavos de faja (en cada hueco de forma trapecial en las fajas estrechas, o en cada mitad de los huecos anchos en las fajas anchas), las siembras (en surcos y a voleo) inicialmente en dos subparcelas de siembra en las mismas fajas (8 parejas

en cada una). Dado que bajo el dosel denso no se esperaba obtener resultados positivos, las siembras y plantaciones iniciales se efectuaron en los huecos de distintos tamaños creados, de dimensiones aproximadas 4×10 y 8×20 m². En años posteriores también se realizaron comparaciones con siembras realizadas bajo el dosel sin aclarar. En la publicación mencionada (Ruiz de la Torre, 1996) se dan más detalles y se justifica el diseño experimental aplicado.

Los datos principales recabados para el programa fueron inicialmente: número de plántulas obtenidas por siembra, estado vegetativo de los ejemplares plantados, tallas alcanzadas, regenerado natural, aparición espontánea de otras especies. Para este trabajo posterior se han visitado 4 de las 10 parcelas instaladas en pinares de carrasco, y las dos parcelas de pino negral, con situación y características expuestas en la Tabla 1. Se han realizado observaciones en una muestra de subparcelas sobre el número de plantas existentes de las especies introducidas, tallas alcanzadas, inicio o no de floración y fructificación, diseminación de las especies introducidas, regeneración natural de la especie principal de la masa, y dimensiones actuales de los huecos del dosel sobre las plantas introducidas. Al tratarse de huecos rectangulares, con dimensión mínima (anchura de la faja) mucho más variable en términos relativos que la longitud (10 m ó 20 m inicialmente) debido a los crecimientos de las copas, nos limitaremos a definir el

hueco con dicha dimensión mínima, debiendo suponerse una longitud de al menos 7 m.

En tres de las cuatro parcelas de pino carrasco los daños por entrada de ganado doméstico (con rotura de las cercas instaladas) o la ejecución de tratamientos selvícolas han supuesto alteraciones que dificultan el seguimiento de la parcela. Nos centraremos en la parcela M-6, en la que no se realizaron trabajos selvícolas, aunque sí se produjeron daños por fauna silvestre (jabalíes).

En la Tabla 2 se indica la composición de los lotes de semillas utilizadas en las áreas de siembra y las plantas utilizadas, así como las fechas de la implantación.

Las siembras de marzo de 1990 se realizaron en 32 pares de áreas de $3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$. En una de las áreas de cada par se realizaba la siembra a voleo y en la otra en surcos. En esta parcela se ensayaron los mulchados de estiércol animal (aprox. $1,3 \text{ kg/m}^2$) ramaje de pino carrasco (ramas verdes sin solapar unas con otras), astillas (aprox. $1,5 \text{ kg/m}^2$) incorporadas mediante rastrillado, y testigo, sin mulchado.

Las siembras de febrero de 1992 se hicieron en 6 lotes sembrados en surcos de 5-6 m. Dos en faja ancha, 2 en faja estrecha, 2 en pequeños huecos bajo dosel. Al igual que en ensayos anteriores, la preparación del suelo para las siembras fue manual. Las plantaciones se realizaron igualmente mediante ahoyado manual en las fajas de corta.

Tabla 1. Situación y características de las parcelas estudiadas. Se incluyen los tipos fitoclimáticos básicos, extraídos del Atlas fitoclimático de España (Allué, 1990)

Parcelas en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. (pino carrasco)

M-1 Los Pradillos (t.m. de Laujar de Andarax) UTM 505, 4086. Huso: 30. Altitud: 1.075 m. Pendiente: 30%. Orientación: sur. Material geológico: esquistos y filitas. Fitoclima IV₃. Edad actual aproximada: 50 años. Repoblación por hoyos. Densidad del dosel: 400 pies/ha. Altura media: 8 m.

M-6 Llano de Onégel (Armuña de Almanzora) UTM 553, 4133. Altitud: 620 m. Pendiente: 12%. Orientación: noreste. Material geológico: conglomerados de esquistos. Fitoclima IV₁. Edad: 43 años. Repoblación en terrazas. Densidad dosel: 700 (con golpes de 10/a). Altura media: 9 m.

M-10 El Neveral (Jaén) UTM 427, 4180. Altitud: 930 m. Pendiente: 35%. Orientación: norte. Calizas. Fitoclima IV₄-IV₃. Edad aproximada: 50 años. Repoblación por hoyos. Densidad: 1.500 p/ha. Altura: 12 m.

M-11 La Cabrita (Huelma). UTM 462, 4172. Altitud: 1.150 m. Pendiente: 32%. Orientación: sureste. Calizas. Fitoclima IV₄-IV(IV)₁. Edad aproximada: 30 años. Terrazas. Densidad: 650 p/ha. Altura: 9,5 m.

En masas de *Pinus pinaster* Ait. (pino negral)

M-5 Loma Camila (Velefique) UTM 555, 4122. Altitud: 1.550 m. Pendiente: 22%. Orientación: oeste. Material geológico. Esquistos. Fitoclima IV(VI)₁-IV(VII). Edad: 39 años. Terrazas. Densidad: 1.100. Altura: 7-8 m.

M-7 La Orapla (Serón) UTM 538, 4122. Altitud: 1.640 m. Pendiente: 22%. Orientación: noreste. Material geológico. Esquistos. Fitoclima IV(VI)₁-IV(VII). Edad: 39 años. Terrazas. Densidad masa: 750 /ha. Altura: 8 m.

Tabla 2. Especies utilizadas en las siembras y plantaciones en la parcela M-6

	Siembra (peso en g)		Plantación (n.º plantas)	
	Marzo 1990	Febrero 1992	Enero 1991	Febrero 1992
<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	1,76			
<i>Astragalus alopecuroides</i> L.	1,76			
<i>Colutea arborescens</i> L.	1,76	3,52		4
<i>Coronilla juncea</i> L.	1,76	3,52		
<i>Coronilla minima</i> L.		1,00		
<i>Cytisus scoparius</i> Koch.	1,76			
<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.		1,00		
<i>Ephedra fragilis</i> Desf.	1,76	3,52	31	
<i>Genista cinerea</i> (Vill.) DC. subsp. <i>speciosa</i> Losa&Rivas Goday				
<i>Genista spartioides</i> Spach.	1,76			
<i>Genista umbellata</i> (L'Hér.) Poiret		1,00		
<i>Juniperus phoenicea</i> L.		3,52	27	
<i>Medicago sativa</i> L.	1,76	1,62		
<i>Ononis speciosa</i> Lagasc.		3,52	9	
<i>Psoralea bituminosa</i> L.		3,52		
<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	3,79*	7,58		10
<i>Oryzopsis miliacea</i> (L.) Benth & Hooker		1,62		
<i>Cistus albidus</i> L.	0,81	1,62		
<i>Salvia candelabrum</i> Boiss.		3,52		
<i>Thymus baeticus</i> Boiss.	0,81			
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters			52	

* Tratada con ácido sulfúrico concentrado durante 5 min.

Resultados

En los primeros años resultaron estadísticamente significativas las diferencias entre siembras a nivel y en surcos, en cuanto a porcentaje de plantas nacidas. Las dos anchuras de faja no supusieron diferencias apreciables, y los tratamientos de mulchado tuvieron efectos distintos entre parcelas. Así, el mulchado con ramaje de pino carrasco sirvió para proteger inicialmente las áreas de siembra de ataques de jabalíes y conejos, pero en las parcelas más umbrías (M-10) y en las de pino negral (M-5 y M-7), de ramaje más denso, se obtuvo una nascencia considerablemente menor, posiblemente por falta de luz para la germinación. El mulchado con astillas, con espesores en torno a 1 cm, resultó favorable para la nascencia, pero en la parcela M-6 los jabalíes hozaron mucho más detenidamente las áreas de siembra con este tratamiento.

Centrándonos en los resultados iniciales y actuales de parcela M-6, tenemos lo siguiente:

Siembras realizadas en marzo de 1990: En julio de ese año se encontraron plántulas de todas las especies empleadas excepto *Thymus baeticus* (que sí fue detectada con escasa presencia dos años después). Las es-

pecies más abundantes en los primeros conteos fueron *Medicago sativa* (la más afectada por herbivoría), *Genista spartioides*, *Ephedra fragilis* y *Coronilla juncea*.

En la Tabla 3 se detallan los conteos de plantas supervivientes en febrero de 2006 de un muestreo de las áreas de siembras de 1990, en la que se detallan la anchura media (o el intervalo de anchuras) del hueco en el dosel de copas, como medida aproximada del espaciamiento del que disponen. Se han considerado las plantas de la primera generación, incluyendo las jóvenes atribuibles a germinación escalonada (caso de *Cistus* y *Genista*), pero no los diseminados recientes de las especies que ya han fructificado. En el caso de *Anthyllis* se han contado solamente los ejemplares asignables a los primeros años, debido a que posteriormente se han introducido espontáneamente en las fajas de corta.

Siembras de 1992. En mayo del mismo año se encontraron numerosas plántulas de todas las especies, salvo de *Juniperus phoenicea*. Los conteos efectuados de febrero de 2006 se muestran en la Tabla 4.

La plantación de enero de 1991 sufrió elevadas mareas desde los primeros años, con fuerte ataques por fitófagos, principalmente sobre las plantas de *Ephedra*. Las de *Colutea* plantadas en febrero de 1992 tam-

Tabla 3. Número de plantas vivas a los 16 años y porcentaje respecto al número de semillas aplicadas en áreas de siembra bajo distintas anchuras de hueco entre copas (parcela M-6, siembras de 1990)

Especies aparecidas	N.º sem	Subparcela/anchura de hueco/resto de mulchado											
		1.ª/2 m		2.ª/2 m		3.ª/2-4 m		4.ª/2-4 m		5.ª/4 m r.		6.ª/4 m r.	
		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
<i>Anthyllis cytisoides</i>	651	3	0,5	4	0,6	4	0,6	31	4,8	2	0,3	0	0,0
<i>Colutea arborescens</i>	169	0	0,0	0	0,0	1	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Coronilla juncea</i>	400	1	0,3	0	0,0	1	0,3	6	1,5	7	1,8	7	1,8
<i>Genista spartioides</i>	282	2	0,7	2	0,7	1	0,4	2	0,7	4	1,4	1	0,4
<i>Retama sphaerocarpa</i>	50	0	0,0	0	0,0	1	2,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Cistus albidus</i>	810	0	0,0	0	0,0	6	0,7	13	1,6	10	1,2	2	0,2
Totales		6		6		14		52		23		10	

r: ramaje. Pesos de semilla de *Cistus albidus* obtenido de www.britishecologicalsociety.org. Para las demás especies: Ruiz de la Torre (1996).

bién sufrieron daños de este tipo. En febrero de 2006, ya no se encontraron restos de ninguna de las plantas.

Las tallas alcanzadas por las plantas obtenidas por siembra han variado considerablemente: Los ejemplares de *Cistus* de las siembras bajo el dosel (surcos A y B) alcanzan 0,55 m, en tanto que en las fajas son frecuentes tallas de 0,90 m y puntualmente 1,20 m. De *Genista spartioides* la talla máxima ha sido 2,40 m.

Floración y fructificación: los ejemplares de *Cistus* bajo el dosel no presentan restos de fruto, pero sí las situadas en las fajas (a partir de anchuras de 2 m). Los de *Coronilla juncea* también han fructificado. De *Genista umbellata* han florecido las plantas situadas en las zonas de mayor abertura, pero no las situadas bajo un estrechamiento de la faja con distancia entre copas de 1 m. De *Genista spartioides* sólo se ha encontrado un ejemplar con restos de floración, en zonas con anchuras de hueco de 4 m. El único ejemplar de retama

(subparcela 3.ª, con 2-4 m de anchura de hueco) presentaba tan sólo restos de dos legumbres.

Regeneración de las especies introducidas: se ha encontrado regeneración de *Cistus albidus* y de *Coronilla juncea* en las inmediaciones de las áreas de siembra, hasta 2 m de distancia de los progenitores, descendientes de los ejemplares obtenidos por la siembra. El número de plantas recientes, de 1 a 3 años, de *Cistus albidus* encontradas dentro de las áreas de siembra ha sido de 0 y 9 en las subparcelas 1.ª y 2.ª, bajo anchuras de huecos de 2 m; en las demás (3.ª a 6.ª) entre 25 y 60. En estas otras se han encontrado también plantas jóvenes y plántulas recién emergidas de *Coronilla juncea* (hasta 16 en una subparcela).

Entrada de matorral espontáneo: las fajas de corta se están ocupando principalmente por *Cistus clusii* y *Anthyllis cytisoides*, con coberturas actuales en torno al 20-30%. Bajo el dosel de pinar la cobertura de ma-

Tabla 4. Número de plantas vivas y recién marchitas (s) a los 14 años y porcentaje respecto al número de semillas en surcos de siembra bajo distintas anchuras de hueco del dosel (parcela M-6, siembras de 1992)

Especies aparecidas	N.º sem	Subparcela/anchura de hueco/resto de mulchado											
		1.ª/2 m		2.ª/2 m		3.ª/2-4 m		4.ª/2-4 m		5.ª/4 m r.		6.ª/4 m r.	
		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
<i>Coronilla juncea</i>	800	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	0,4	1s	0,1	1	0,1
<i>Genista spartioides</i>	563	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,4	3	0,5	0	0,0
<i>Genista umbellata</i>	200	0	0,0	0	0,0	2	1,0	1	0,5	12	6,0	1	0,5
<i>Cistus albidus</i>	1.620	1	0,1	4 (1s)	0,2	7	0,4	5	0,3	3	0,2	5	0,3
Totales		1		4		9		11		19		7	

Peso de semilla de *Genista umbellata*, por estimación con datos de otras *Genistas*.

torral, integrado principalmente por estas mismas especies, no supera el 2%.

Regeneración de *Pinus halepensis*. No se ha encontrado ningún ejemplar reciente (diseminado). El repoblado de porvenir se ha encontrado solamente en dos huecos anejos a las fajas de corta. En uno de ellos, de dimensiones 20 m × 16 m se contaron 14 pimpollos de entre 0,30 y 1,70 m de talla, y 5 secos recientemente de entre 1,10 y 1,60 m. En el otro hueco, de 9 × 12 m, un solo ejemplar, de 2 m. Estos pies nuevos aparecieron a una distancia de las copas de al menos 3 m, es decir en las zonas centrales de los huecos. Dentro de las fajas los escasos pimpollos encontrados presentaban portes arratonados, con numerosos rebrotes juveniles, indicativos de pérdida de yemas por sequía, sin que se encontraran indicios de herbivoría.

En las demás parcelas experimentales visitadas, algunas especies tuvieron resultados mucho mejores que en esta [caso de *Ononis speciosa* Lagasc., *Cytisus scoparius* Koch y *Genista cinerea* (Vill.) DC. subsp. *speciosa* Losa&Rivas Goday.], pero los resultados observados sobre supervivencia de las plantas en relación con los espaciamientos han sido similares. Las matas altas de leguminosas han alcanzado tallas en torno a 2 m, en algunas parcelas (M-7) con mayores frecuencias en las fajas anchas en que en las estrechas. En esta parcela se mantienen 153 matas de *Cytisus scoparius*, número que supone aproximadamente un 4,5% del total de semillas sembradas.

En la plantación y en la siembra de bellotas los porcentajes de marras han superado el 90%, frecuentemente el 100%, atribuibles en parte a daños por la macrofauna (incluido el arranque de tubos protectores), pero también a la competencia. Las escasas plantas de especies arbóreas y arbustivas que sobreviven en las fajas de corta han tenido crecimientos muy pequeños. Por ejemplo, en la parcela M-7, a los 14 años, las plantas de *Quercus ilex rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*, y *Crataegus monogyna*, plantadas en las fajas de corta, han alcanzado tallas máximas de 0,50 m, y en el caso de *Cedrus atlantica*, 0,10 m.

La entrada de matorral en las fajas, 16 años después de la corta, ha sido irregular, alcanzando coberturas máximas del 20-30% en las fajas anchas en los rodales de pino carrasco, pero sólo del 5% en las de *P. pinaster*. Bajo el dosel denso (con fracción de cabida cubierta en torno al 90%) las coberturas del matorral son normalmente inferiores al 1%, aunque también se encuentran rodales de mayor densidad sobre todo en situaciones favorecidas por compensaciones hídricas (aguas abajo de impluvios poco cubiertos de vegetación).

Discusión

Inicialmente aparecieron casi todas las especies utilizadas en las siembras, y se produjo germinación escalonada de muchas especies (no para las que se emplearon semillas tratadas), pero la mortalidad fue elevada en los primeros años, y probablemente también en los veranos meteorológicos más prolongados (1994, 1999, 2004-2005). A los quince años, sólo se mantienen ejemplares con buen aspecto de una reducida selección de especies: *Cistus albidus*, *Cytisus scoparius*, *Coronilla juncea*, *Anthyllis cytisoides*, *Genista cinerea speciosa*, *Genista umbellata*, *Genista spartioides*, *Ononis speciosa*, *Adenocarpus decorticans*. El porcentaje de plantas obtenidas en relación al número de semillas empleadas es inferior al 1% en la mayoría de las especies, excepcionalmente el 4,5%.

Se han advertido distintas tolerancias a la competencia entre las especies utilizadas. De las especies utilizadas, *Anthyllis cytisoides* (ejemplares espontáneos) llega a fructificar bajo el dosel intacto con fracción de cabida cubierta del 80%. *Cistus albidus* y *Coronilla juncea* han fructificado en las siembras en las fajas estrechas. Estas tres especies han empezado a propagarse desde las áreas de siembra. *Genista umbellata* ha fructificado en los huecos de 4 m o mayores. De *Genista spartioides* sólo se ha encontrado un ejemplar con restos de flores, en faja de 4 m de anchura de hueco.

Las dimensiones de los huecos por encima de los puntos de implantación muestra tener una gran relevancia en la pervivencia de las plántulas y el crecimiento posterior. En la parcela M-6, con altura media de 9 m, las siembras realizadas bajo huecos de anchura actual inferior a 2 m presentan en general bajas coberturas de matorral (pocas plantas y pequeñas). Los resultados van mejorando en número de plantas y su vitalidad con las dimensiones de los huecos, al menos hasta anchuras efectivas de 4 m.

Debe tenerse en cuenta que tras la corta, los pinos del borde han extendido sus ramas hacia el hueco creado, con un crecimiento en proyección horizontal de 1-1,5 m, con lo que las anchuras efectivas de los huecos han disminuido considerablemente, pasando las fajas estrechas de tener una anchura de 4 m a sólo 1-2 m. Las fajas anchas, que inicialmente tenían una anchura de 8 m, ligeramente superior a la altura de la masa (unos 7 m en la fecha de instalación), después de 15 años, la relación anchura-altura ha bajado a 2/3 o incluso 1/2. Por otra parte, la presencia de huecos preexistentes en la masa han supuesto ensanches en las

fajas de corta, y los árboles dejados en las anchas, tramos estrechados, con lo que las anchuras efectivas han sido variables, quedando difuminado el pretendido contraste entre fajas anchas y estrechas.

Ha sido en las zonas de mayor anchura que la pre vista donde se ha podido observar la posibilidad de regeneración natural de la especie principal. El regenerado de porvenir de pino carrasco (sin contar ejemplares achaparrados o con escasa vitalidad) ha quedado restringido a huecos con dimensiones superiores a 9 m en las cuatro parcelas estudiadas, dimensión que coincide aproximadamente con la altura de los árboles de la masa circundante, si bien no en todos los rasos próximos con estas dimensiones o superiores se ha encontrado regeneración. En la parcela de Los Pradillos, con 12 m de altura de masa, las observaciones realizadas llevan a las mismas estimaciones de las dimensiones mínimas de los huecos: aproximadamente 4 m de anchura de hueco en subparcelas con buenos resultados en matorral, regeneración natural en la zona central de claros de 12 m de diámetro.

La relación directa encontrada entre las distancias entre copas y la supervivencia y crecimiento de las especies introducidas invita a investigar más sobre los espaciamientos más convenientes para la introducción de especies enriquecedoras, tanto en caso de huecos rodeados de dosel denso, como en el de masas aclaradas, y sobre los índices de espesura más adecuados para su estimación.

En primera aproximación, y referidos a los pinares de carrasco estudiados, el umbral por encima del cual la introducción del matorral empieza a tener buenos resultados correspondería a huecos del dosel con anchuras de 2-3 m en masas con alturas de 9 m, con lo que puede estimarse como más recomendable para este objetivo una relación anchura de hueco/altura de masa de 1/3 o superior. Para la regeneración natural, esta relación sería mayor que 1, por lo que las anchuras de faja aplicadas en estos ensayos han resultando por tanto insuficientes para la regeneración natural.

Los pobres resultados de las siembras bajo el dosel (estrictamente bajo cubierta) están en consonancia con la afirmación de Oliver y Larson (1990) de que es casi imposible conseguir cambiar la composición específica de la masa durante la fase de exclusión de pies.

En el trabajo de Álvarez Linarejos *et al.* (1997) con encinas plantadas bajo pinar de negral en la Sierra de Filabres con distintas intensidades de clara, para estudiar el posible planteamiento de transformación en masas mixtas, se encontró que a los dos años de la plantación

los mayores crecimientos en altura de las encinas se presentaron con las mayores intensidades de clara. Vilagrosa *et al.* (1997) para estudiar el efecto de sombreo en la supervivencia de encina y coscoja, realizaron plantaciones de estas especies bajo pinar adulto, pinar joven y matorral, sobre suelos calizos y margosos, no encontrándose diferencias importantes entre tratamientos a los dos años (salvo la mortalidad casi total para la plantación de encina bajo matorral en calizas). Jiménez *et al.* (2004) compararon plantaciones de varias especies arbustivas y siembras de bellota de encina en diversas situaciones en las que se incluía el sombreo de un pinar repoblado de 8 años con densidad de 1.500 pies/ha en ambiente semiárido de la depresión Guadix-Baza, obteniendo en los dos primeros años elevados porcentajes de supervivencia en las plantas con sombreo de pinar (y menor porcentaje de germinación de las bellotas).

Los resultados a los dos años serían insuficientes para evaluar la viabilidad de las plantaciones realizadas en ambientes poco favorables en cuanto a suelo o clima, dado que las mortalidades probablemente sigan siendo elevadas en los primeros años como lo han sido en nuestros ensayos (por sequías, daños por fauna, competencia radical) y por que la evolución de la masa, que sigue creciendo y recuperando su cobertura tras el tratamiento, hace disminuir (en pocos años si no se abren claros relativamente grandes) los recursos disponibles inicialmente.

En el trabajo de Coates (2000) en el que se estudiaron los efectos del tamaño de los huecos creados mediante corta y de la posición relativa dentro de ellos en el crecimiento de varias coníferas en una masa mixta de unos 30 m de altura en la Columbia Británica (Canadá), se encontró un comportamiento muy similar en los crecimientos hasta los 5 años de la mayoría de las especies en una amplia variedad de dimensiones de huecos (10-5.000 m²) (si bien con mortalidades distintas en los huecos de menor tamaño según su tolerancia), y un efecto subterráneo del borde de la masa (competencia radical) fuertemente limitante del crecimiento, incluso en las posiciones de mayor insolación, hasta 10 m de distancia. Los umbrales mínimos de crecimiento para la supervivencia se conseguían en huecos de más de 300 m². Entre sus conclusiones destaca la recomendación de evitar las distribuciones uniformes en las cortas de regeneración, para evitar la competencia radical, siendo preferibles las cortas (ya sean de aclareo o de entresaca) por fajas o bosquetes, y crear huecos grandes (de más de 0,1 ha), donde el regenerado se desarrolla óptimamente.

En nuestro caso, la distancia que mantienen los regenerados viables con el borde de la masa, de unos 3 m, supone la misma relación frente a la altura de la masa (3/9) que la encontrada en dicho estudio (10/30), lo que indicaría cierta homogeneidad de las respuestas en cuanto las necesidades de espacio vital, tanto de luz como de suelo, y por tanto la conveniencia de aplicar en estas masas unas dimensiones de hueco mínimas, superiores a las obtenidas mediante claras convencionales pie a pie.

Malcolm *et al.* (2001) proponen diversas relaciones diámetro del hueco/altura de los árboles circundantes para las cortas de regeneración en masas repobladas de las principales especies coníferas en Gran Bretaña, que varían entre $d/h = 2$ para *Pinus* spp y *Larix* spp., a $d/h < 1$ para especies tolerantes como *Abies alba*, para su transformación en masas irregulares donde sea procedente, a fin de incrementar sus beneficios múltiples.

Los resultados obtenidos en estos ensayos de diversificación apoyan la utilidad de este parámetro (diámetro de hueco/altura de masa) para evaluar las necesidades de espacio para la regeneración de las especies de la masa y para la introducción de otras nuevas.

Sería necesario realizar nuevos ensayos de introducción de las especies deseables en los distintos ámbitos. Puede concluirse que las posibilidades de diversificación en la fase de exclusión de fustes se limitarían a los huecos del dosel, cuyas dimensiones más adecuadas, en relación con la altura que alcance la masa adulta (d/h) dependerían de la tolerancia a la sombra de las especies que se pretendan introducir.

Referencias bibliográficas

- ALEJANO R., MARTÍNEZ E., 2003. La selvicultura mediterránea en Andalucía. Respuestas técnicas ante los objetivos actuales. Ecosistemas 2003 (URL: <http://www.aet.org/ecosistemas/033/informe1.htm>).
- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España, 221 pp.
- ÁLVAREZ L., ALEJANO R., MADRIGAL A., MARTÍNEZ E., RAPP I., 1997. Influencia de los tratamientos selvícolas destinados a optimizar el desarrollo de *Quercus ilex* ssp. *ballota* bajo la cubierta de pinares de repoblación. I Congreso Forestal Hispano Luso, Pamplona, España, Tomo 4, pp. 33-37.
- COATES K.D., 2000. Conifer seedling response to northern temperate forest gaps. Forest Ecology and Management 127, 249-269.
- COSTA J.C. (Direc.), VALLE F. (Coord.), 2004. Modelos de restauración forestal. Datos botánicos aplicados a la Gestión del Medio Natural Andaluz III: Modelos de gestión de la vegetación. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, España, 512 pp.
- DE SIMÓN E., 1996. Restauración de encinares. Modelos y técnicas de restauración. Masas mixtas. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales nº 3, Madrid, pp. 93-107.
- JIMÉNEZ M.N., NAVARRO F.B., RIPOLL M.A., DE SIMÓN E., 2004. Restauración de la vegetación con especies de matorral en terrenos agrícolas de ambientes semiáridos. En: Biología de la Conservación. Reflexiones, propuestas y estudios desde el S.E. ibérico. Peñas, J. y Gutiérrez, L., Instituto de Estudios Almerienses, Almería, España, pp. 177-190.
- MARTÍNEZ E., ALEJANO R. ÁLVAREZ L. 1996. Diversificación de una masa monoespecífica de coníferas (*Cupressus sempervirens*) con frondosas varias. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 3. pp. 89-92.
- OLIVER C.D., LARSON B.C., 1990. Forest Stand Dynamics. McGraw-Hill. NY, EEUU, 467 pp.
- RUIZ J. (Direc.), SIMÓN J.A. (Coord.), 1996. Manual de flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, España, 208 pp.
- VALLE F., BOCIO I., 1996. Restauración de la vegetación en el sureste de la península ibérica: obtención de masas mixtas como freno al avance de la desertificación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales nº 3 Madrid, España, pp. 109-122.
- VILAGROSA A., SEVA J.P., VALDECANTOS A., CORTINA J., ALLOZA J.A., SERRASOLSAS I., DIEGO V., ABRIL M., FERRÁN A., BELLOT J., VALLEJO V.R., 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En La Restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo-CEAM. Valencia, España, pp. 435-545.