

Regeneración de *Pinus pinea* y *Juniperus oxycedrus* en masas mixtas piñonero – encina – enebro en los valles del Tiétar y del Albeche (sistema central, España)

Calama, R., Pardos, M., Mayoral, C., Madrigal, G., Conde, M., Sánchez-González, M.O.

¹ Dpto. Selvicultura y Gestión Forestal. INIA-CIFOR. Ctra A Coruña km 7.5. 28040 Madrid

Resumen

El interés ambiental, ecológico, paisajístico y productivo de las masas mixtas de *Pinus pinea*-*Juniperus oxycedrus*-*Quercus ilex* en el Sistema Central, y la dificultad para la regeneración natural de las dos primeras especies, requiere del conocimiento de los mecanismos implicados en la regeneración natural de las mismas. En el presente trabajo se avanzan los resultados de un estudio orientado a identificar las condiciones óptimas para conseguir la instalación y desarrollo de regenerado de *P. pinea* y *J. oxycedrus* en este tipo masas donde ambas especies aparecen mezcladas con mata de *Q. ilex* procedente de rebrote. Para ello se han utilizado los datos procedentes de tres parcelas de gran tamaño (0.32 – 0.45 ha) instaladas en 2010, donde se ha procedido a muestrear con distintos niveles de intensidad el arbolado adulto y regenerado de las tres especies de estudio. Estos datos se han utilizado para desarrollar un modelo de celda (patch model) que permite predecir la probabilidad de ocurrencia del regenerado de *P. pinea* y *J. oxycedrus* en celdas de 2.5 m x 2.5 m, utilizando como explicativas variables tales como la competencia inter e intraespecífica, presencia-ausencia y distancia a árboles padre, cobertura de mata de encina, tanto de la celda en cuestión como de las celdas adyacentes.

Palabras clave: *Masa mixta, nicho de regeneración óptimo, modelo de celda, regresión logística*

1. Introducción

El pino piñonero *Pinus pinea* L. ocupa como especie dominante en los valles del Tiétar y Albeche (Comunidad de Madrid y provincia de Ávila) una superficie superior a 30000 ha, en unas condiciones de relieve, edáficas y climáticas del territorio que difieren notablemente del hábitat típico de la especie en zonas del interior penin-

sular (Cañadas, 2000). La gestión tradicional de estas masas forestales ha estado orientada a la producción multifuncional piña –ganado– leña de encina (Montero *et al.*, 2003). El abandono del uso de la leña de encina como combustible, la ocurrencia repetida de incendios, la presión excesiva del pastoreo en determinadas zonas y el mantenimiento de pies grandes productores de piña han conformado unas formaciones forestales en las que es habitual que el estrato arbóreo de piñonero presente una estructura muy abierta e irregular (Calama y Montero, 2007), con abundante presencia de otras especies, principalmente *Quercus ilex* L. y *Juniperus oxycedrus* L., llegando a conformar masas mixtas. En estas masas la regeneración de las matas de encina se consigue en general sin dificultad, aunque prácticamente en su totalidad mediante brote de cepa o raíz. Por el contrario, se detectan amplias zonas donde la regeneración de *P. pinea* y *J. oxycedrus* es muy escasa, especialmente en zonas recientemente incendiadas.

El interés ambiental, ecológico, paisajístico y productivo de estas formaciones mixtas requiere del conocimiento de los mecanismos implicados en la regeneración natural de las mismas, al objeto de dotar a los gestores del territorio de herramientas y esquemas de gestión que garanticen la perpetuación de estas formaciones. Mientras que la regeneración natural de *P. pinea* en masas puras y regulares de los arenales castellanos es un proceso ampliamente estudiado (Gordo *et al.*, 2012), muy poco se conoce acerca de la dinámica de aparición, desarrollo y supervivencia del regenerado de la especie en formaciones mixtas e irregulares. En este tipo de estructuras, se hace necesario definir el papel que a través de los procesos de facilitación y competencia juegan los individuos de distintas especies y/o clases de tamaño (Marañón *et al.*, 2004).

Los objetivos del presente trabajo son (1) identificar los factores de estructura y composición de masa que definen el nicho espacial óptimo para la regeneración de *P. pinea* y *J. oxycedrus* en formaciones donde aparecen mezclados con *Q. ilex* (especie que se asume presenta una ventaja adaptativa debido a su capacidad rebrotadora); y (2) modelizar la probabilidad de ocurrencia del regenerado de las especies. Nuestra hipótesis a contrastar es que en estas formaciones forestales sometidas a condiciones extrínsecas limitantes (repetida acción del fuego, presión ganadera, marcada sequía estival), los procesos bióticos de facilitación –protección frente al ganado, mejora de las condiciones de humedad edáfica, menor temperatura ambiental– van a ser más influyentes que los procesos de competencia intra –e inter-específica–, tal y como se ha demostrado para otras formaciones mixtas mediterráneas (Zavala y Zea, 2004).

2. Material y métodos

2.1 Dispositivo experimental

Dentro de la región de estudio (Valles del Tiétar y del Alberche) se han instalado tres parcelas correspondientes a diferentes tipologías estructurales de las masas mix-



Figura 1. Parcelas 1 “Asocio” (a); 2 “Valdeyermo” (b) y 3 “Cabreras” (c).

tas *P. pinea* – *Q. ilex* – *J. Oxycedrus* identificadas en el territorio. Las parcelas se replantearon durante el otoño de 2010. Las características y localización de las parcelas son:

- Parcela 1: Monte “Asocio” (Hoyo de Pinares, Ávila). Se trata de una masa abierta, con representación de las tres especies, tanto de pies adultos, como juveniles y regenerado. Esta parcela se eligió por representar una tipología de mezcla óptima. Es una parcela rectangular, de 50 m x 90 m (0.45 ha), y ocupa una ladera de orientación SE (*Figura 1a*).
- Parcela 2: Monte U.P. 55. “Valdeyermo” (T.M. San Martín de Valdeiglesias, Madrid). Se trata de una masa densa con dominancia de *P. pinea* y presencia de individuos adultos de encina y enebro. Tiene abundante presencia de juveniles y regenerado avanzado de enebro, mientras que el regenerado avanzado de pino es muy escaso. Presencia importante de mata de encina tapizante. Es una parcela rectangular, de 50 m x 90 m (0.45 ha), que ocupa una ladera de orientación NO (*Figura 1b*).
- Parcela 3. Monte U.P. 54 “Las Cabreras y otros” (T.M. San Martín de Valdeiglesias, Madrid). Se trata de una masa de espesura media, con dominancia del pino y presencia abundante de juveniles y regenerado de pino y encina; mientras que el enebro es escaso. Es una parcela rectangular, de 40 m x 80 m (0.32 ha), y ocupa una ladera de orientación N (*Figura 1c*).

2.2 Mediciones

En cada una de las parcelas se han marcado y posicionado todos los pies de las tres especies con altura superior a 1.30 m, quedando dividido en dos categorías: *pies mayores* (diámetro normal > 5 cm) y *juveniles* (diámetro normal < 5 cm). En estos pies se ha medido: altura total y altura hasta la base de la copa; radio de copa en direcciones N, S, E, O; diámetro normal en dos direcciones perpendiculares; diámetro de

tocón; posición (rumbo y distancia) respecto al centro. Asimismo, en toda la parcela se han localizado, identificado por especie, medido el diámetro y posicionado los tocones correspondientes a los pies mayores. El *regenerado avanzado* (0.50 – 1.30 m de altura) se ha medido (altura y diámetro de copa) y posicionado en su totalidad dentro de las parcelas.

El regenerado de las tres especies con alturas comprendidas entre 0.20 m y 0.50 m (*brinzales*) se ha posicionado y marcado en su totalidad dentro de transectos de 2.5 m de anchura, que cruzan la parcela de forma sistemática (*ver Figura 2*). En el caso de las parcelas de 50 m x 90 m (parcelas 1 y 2), se definen cuatro transectos en el lado corto (separados 10 m) y cinco en el largo (separados 15 m). En el caso de la parcela 3, con 40 x 80 m, se replantean cinco transectos en el lado largo (separación 12.5 metros) y únicamente tres en el corto (separación 10 metros). En los transectos se marca, posiciona y mide la altura y diámetro de copa de todas las plántulas de las tres especies identificadas. En el caso de matas de encina se realiza una estimación de la cobertura de la mata que es incluida en el transecto.

La *Tabla 1* recoge las principales variables caracterizadoras de la estructura del arbolado y regenerado de las tres parcelas de estudio.

2.3 Modelización de la regeneración

Al objeto de contrastar nuestra hipótesis, en el presente trabajo se modeliza la probabilidad de presencia/ausencia de brinzales (0.20 m – 0.50 m) y regenerado avanzado (0.50 – 1.30 m) de *P. pinea* y *J. oxycedrus* en una celda de 2.5 m x 2.5 m (6.25 m²). En este sentido, el modelo a desarrollar quedaría definido como un modelo de “celda” o “parche” (*patch models*, Bugmann, 2001). Estos modelos de celda se fundamentan en dividir el rodal en unidades de superficie determinada referenciadas en el espacio, que constituyen las unidades independientes de modelización y simula-

Tabla 1. Estructura y composición de las tres parcelas de estudio

	Especie	Pies mayores (dbh > 5 cm)		Juveniles	Regenerado Avanzado	Brinzales	Tocones
		N/ha	AB (m ² /ha)	N/ha	N/ha	N/ha	N/ha
Parcela 1	<i>P. pinea</i>	102	8.84	16	34	387	41
	<i>J. Oxycedrus</i>	9	0.11	58	197	134	-
	<i>Q. ilex</i>	7	0.06	58	0.69 %*	-	
Parcela 2	<i>P. pinea</i>	171	19.82	2	2	662	48
	<i>J. Oxycedrus</i>	33	0.29	13	87	335	-
	<i>Q. ilex</i>	20	0.13	4	14.75%*	-	
Parcela 3	<i>P. pinea</i>	128	13.83	232	327	261	131
	<i>J. Oxycedrus</i>	2	0.01	22	24	21	-
	<i>Q. ilex</i>	9	0.41	828	5.35%*	-	

* En el caso del regenerado de *Q. ilex*, se presenta el porcentaje de superficie de la parcela ocupada por mata de encina de entre 0.20 – 1.30 m de altura.

ción. A partir de esta división del espacio, se puede definir la probabilidad de presencia/ausencia y abundancia de ocupación de una celda y desarrollo esperado por parte del regenerado de cada especie de interés, a partir de condiciones propias de la celda (presencia de individuos adultos o juveniles de la especie, ambiente de luz, tipo suelo, cobertura de matorral) o de las celdas adyacentes, y de variables climáticas o estacionales. Esta aproximación ha sido ampliamente utilizada en modelos de ayuda a la gestión en masas mixtas (modelo SORTIE, Pacala *et al.*, 1996).

En nuestro caso, se propone realizar una división de las parcelas en celdas de 2.5 m x 2.5 m, quedando cualquier punto de la parcela asignado a una celda. La disposición de la malla sobre la parcela es tal que los transectos de muestreo coinciden con una fila o columna de celdas (*Figura 2*). Se definen cuatro variables de tipo binario:

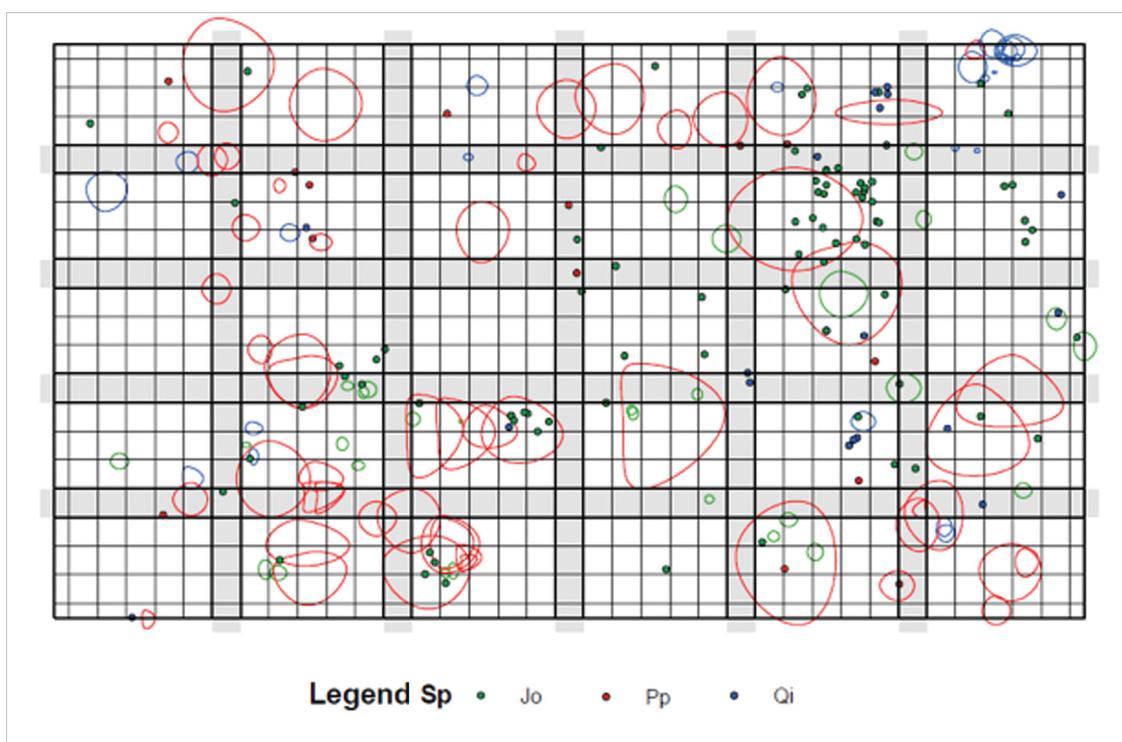


Figura 2. Mapeo del arbolado adulto (contorno), regenerado avanzado (puntos) y disposición de transectos y celdas en la parcela 1.

pp_reg: variable que adopta el valor “1” si en la celda existe al menos un brinzal de *P. pinea*; “0” en el caso contrario.

jo_reg: variable que adopta el valor “1” si en la celda existe al menos un brinzal de *J. oxycedrus*; “0” en el caso contrario.

pp_av: variable que adopta el valor “1” si en la celda existe regenerado avanzado de *P. pinea*; “0” en el caso contrario.

jo_av: variable que adopta el valor “1” si en la celda existe regenerado avanzado de *J. oxycedrus*; “0” en el caso contrario.

Dado el carácter binario de las variables anteriores, se plantea la modelización de la probabilidad de ocurrencia de cada variable mediante una regresión logística, caso particular de los modelos lineales generalizados para variables con distribución binaria, utilizando para ello la función de enlace *logit*:

$$\text{logit}(\pi_{ij}) = \log\left(\frac{\pi_{ij}}{1-\pi_{ij}}\right) = x_{ij}\beta_1 + \sum_{k=1}^8 x_{ik}\beta_2 + u + \varepsilon$$

donde π_{ij} representa la probabilidad de presencia de regenerado de una categoría y especie dada en la celda j de la parcela i ; x_{ij} representa un conjunto de variables explicativas propias de la celda; x_{ik} representa un conjunto de variables explicativas del conjunto de las $k=8$ celdas colindantes; β_1 y β_2 representan un conjunto de parámetros estimables; u es un efecto aleatorio de parcela, cuya inclusión permite considerar la correlación espacial entre las celdas de una misma parcela, debida a atributos específicos de la parcela, no considerados en el modelo; ε representa el término residual del error. La *figura 3* representa conceptualmente la idea del modelo de “celda”.

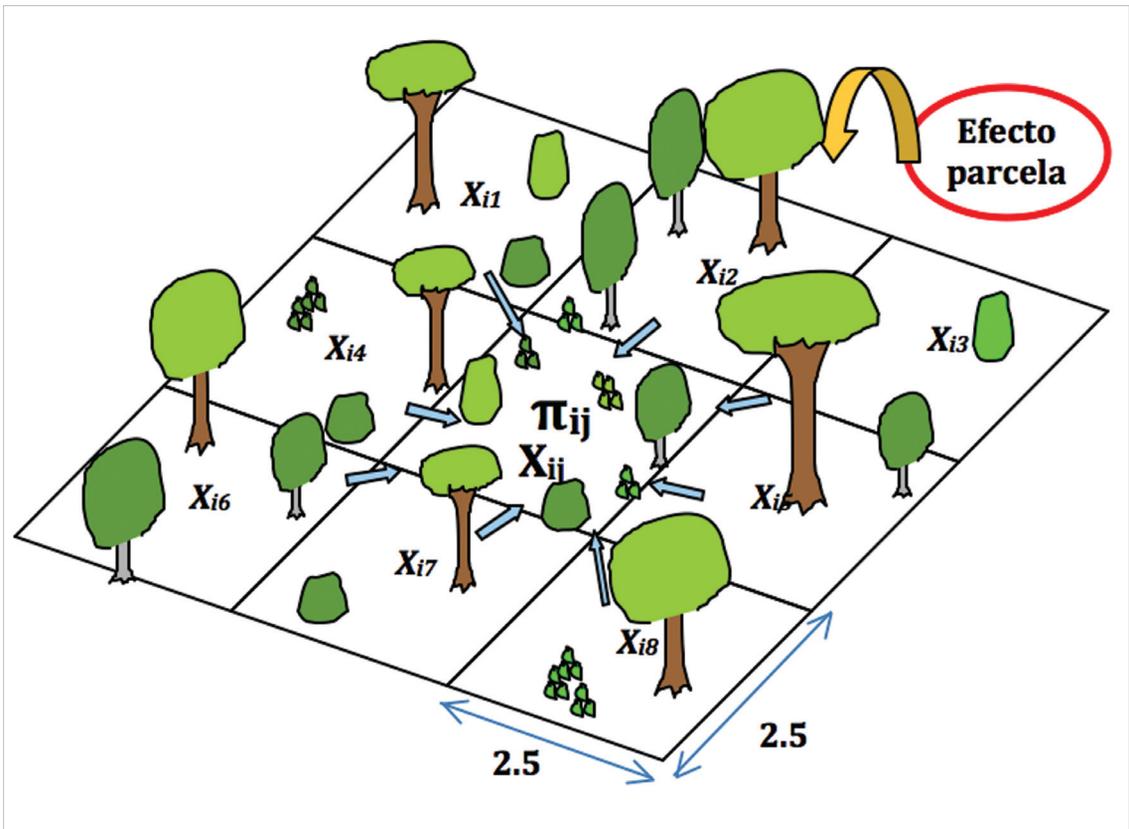


Figura 3. Esquema conceptual del modelo de celda. La probabilidad de ocurrencia de regenerado en la celda j (π_{ij}) se modeliza en función de atributos de la celda (x_{ij}) y de las k celdas adyacentes (x_{ik}), mientras que los parámetros de parcela quedan considerados mediante un efecto aleatorio.

Entre las posibles variables de la celda y de las celdas colindantes a considerar como potenciales explicativas se van a incluir únicamente variables referidas a la composición y estructura de la masa: presencia (variable binaria) de pies adultos, juveniles y regenerado avanzado de las tres especies; sección normal de los pies adultos de las tres especies (variable continua) y presencia de tocones de las tres especies (binaria). En el caso de los brinzales, se evalúa el efecto de la presencia en la celda de brinzales de la otra especie conífera (binaria) y la superficie de mata de encina dentro de la celda (continua). La construcción del modelo definitivo se ha desarrollado en tres fases: (1) análisis exploratorio mediante regresión logística univariante, al objeto de identificar las variables que tienen un efecto significativo sobre la presencia de regenerado; (2) regresión logística multivariante, aplicando un método secuencial (*stepwise*) de inclusión de variables explicativas en el modelo (nivel de significación para entrada-salida de variables 0.01); y (3) inclusión de un efecto aleatorio de parcela sobre los modelos previamente seleccionados en la fase 2. Los análisis se han realizado mediante el procedimiento STAT/LOGISTIC y la macro % GLIMMIX del paquete estadístico SAS®.

3. Resultados

3.1 Análisis univariante

El análisis exploratorio mediante regresión logística univariante ha permitido identificar la existencia de factores significativos de influencia sobre la ocurrencia de las cuatro variables explicativas de interés (*tabla 2*). Las distintas interacciones inter e intraespecíficas identificadas, discutidas en el apartado correspondiente, apuntan a la posibilidad de modelizar la ocurrencia de las cuatro categorías de regenerado de interés.

3.2 Construcción de los modelos

En la segunda fase de desarrollo de los modelos se planteó un procedimiento secuencial para la inclusión de variables explicativas, procediendo en una tercera fase al ajuste de los modelos tras la inclusión de un efecto aleatorio de parcela. En la *Tabla 3* se presenta la parametrización definitiva de los modelos propuestos (así como los términos de los componentes de la varianza correspondientes al efecto aleatorio de parcela y término del error). Se debe indicar que entre la fase 2 y la fase 3 del ajuste dos variables fueron eliminadas de los modelos al no alcanzar el nivel de significación de 0.01 propuesto: presencia de *Q. ilex* en la celda o adyacentes (*qi_tot*) en el modelo para la regeneración avanzada de *J. oxycedrus* (interacción negativa) y presencia de brinzales de *J. oxycedrus* (*jo_reg*) en el modelo para brinzales de *P. pinea*.

4. Discusión y conclusiones

La *Tabla 2* muestra como la mayor parte de las interacciones espaciales univarian-

Tabla 2. Nivel de significación y signo de la interacción entre las variables de estudio y distintas variables estructurales y de composición analizadas

Variable explicativa	pp_av		jo_av		pp_reg		jo_reg	
	p-valor	interacción	p-valor	interacción	p-valor	interacción	p-valor	interacción
Sec_pp_cel	n.s.		n.s.		0.0266	+	0.0369	+
Sec_pp_ady	n.s.		0.0001	+	n.s.		n.s.	
Sec_pp_tot	n.s.		<0.0001	+	n.s.		n.s.	
pp_toc_cel	<0.0001	+	n.s.		n.s.		n.s.	
pp_my_cel	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
pp_my_ady	n.s.		0.0243	+	n.s.		n.s.	
pp_my_tot	n.s.		0.0212	+	n.s.		n.s.	
jo_cel	n.s.		<0.0001	+	n.s.		n.s.	
jo_ady	0.0659	+	0.0410	-	0.0290	+	n.s.	
jo_tot	0.0987	+	n.s.		0.0374	+	n.s.	
qi_cel	<0.0001	+	n.s.		n.s.		n.s.	
qi_tot	<0.0001	+	0.0031	-	n.s.		0.0228	-
pp_av_cel	X		n.s.		n.s.		n.s.	
pp_av_ady	<0.0001	+	0.0352	-	n.s.		0.0753	-
jo_av_cel	n.s.		X		n.s.		0.0218	+
jo_av_ady	0.0031	-	<0.0001	+	0.0721	-	0.0049	+
sup_mata_cel	X		X		0.0045	+	n.s.	
pp_reg_cel	X		X		X		0.0320	+
jo_reg_cel	X		X		0.0320	+	X	

Donde sec_pp_cel, sec_pp_ady, sec_pp_tot representa la sección total (m²) de los pies mayores de *P. pinea* en la celda, en las adyacentes, y en el conjunto celda + adyacentes; pp_toc_cel indica la presencia (binaria) de tocones de *P. pinea* en la celda; pp_my_cel, pp_my_ady, pp_my_tot indica la presencia (binaria) de pies mayores de *P. pinea* en la celda, adyacentes y celda + adyacentes; jo_cel, jo_ady y jo_tot representa la presencia (binaria) de pies mayores o juveniles de *J. oxycedrus* en la celda, adyacentes y celda + adyacentes; qi_cel, qi_tot representa la presencia (binaria) de pies mayores o juveniles de *Q. ilex* en la celda y celda + adyacentes; pp_av_cel y pp_av_ady indica la presencia de regenerado avanzado de *P. pinea* en la celda y adyacentes; jo_av_cel y jo_av_ady indica la presencia de regenerado avanzado de *J. oxycedrus* en la celda y adyacentes; sup_mata_cel representa la superficie de la celda ocupada por matas de encina de entre 0.20 y 1.30 m de altura; pp_reg_cel y jo_reg_cel representan la presencia (binaria) de brinzales de *P. pinea* o *J. oxycedrus* en la celda. + y - indican interacción positiva o negativa. X representa combinación no estudiada.

tes identificadas como estadísticamente significativas tienen signo positivo, lo que parece confirmar la hipótesis de preponderancia de los efectos de facilitación y la existencia de mecanismos de coexistencia inter e intraespecíficos. El hecho de que en los modelos multivariantes –donde se descuenta el efecto de las posibles interacciones y correlación lineal– todas las variables explicativas lleven asociado un parámetro positivo refuerza esta hipótesis.

En el caso del *P. pinea* se observa una relación positiva entre la probabilidad de presencia de brinzales (0.20 – 0.50 m) y la sección normal de los pies mayores de *P. pinea* dentro de la propia celda, lo que es acorde con el patrón identificado para la especie, donde tanto la dispersión de semilla, como la emergencia y posterior supervivencia inicial se ven favorecidas bajo la cobertura de las copas (Gordo *et al.*, 2012). Por otra parte, la probabilidad de ocurrencia del regenerado está relacionada con la superficie ocupada por la mata de encina en la propia celda. Este fenómeno

Tabla 3. Modelos para probabilidad de ocurrencia (π) del regenerado

Variable respuesta	Modelo	$\sigma^2(\mathbf{u})$	$\sigma^2(\varepsilon)$
<i>logit</i> (π_{pp_av})	$-4.5339 + 0.5731 pp_toc_cel + 1.0456 pp_av_ady + 0.5739 qi_tot$	1.486	0.961
<i>logit</i> (π_{jo_av})	$-3.6567 + 3.2625 sec_pp_tot + 1.1853 jo_cel + 0.6220 jo_av_ady$	0.258	0.953
<i>logit</i> (π_{pp_reg})	$-2.6171 + 4.4533 sec_pp_cel + 1.0481 jo_ady + 0.1703 sup_mata$	0.057	0.986
<i>logit</i> (π_{jo_reg})	$-3.0992 + 0.7309 jo_av_ady + 0.5782 pp_reg$	0.599	0.991

parece apuntar a un efecto “nodriza” de la mata (Gómez-Aparicio *et al.*, 2004), creándose unas condiciones favorables de humedad, temperatura y luz incidente, así como una protección frente a la acción del ganado. El hecho de que las matas de encina procedan de rebrote, apunta a que pueden tener un sistema radical más desarrollado, no compitiendo por recursos con la raíz del pino. La relación positiva con la ocurrencia de pies reproductores (altura mayor de 1.30 m) en la celda sujeto y adyacentes de *J. oxycedrus* en la misma celda puede explicarse también por este efecto de protección.

La presencia de tocones de *P. pinea* en una celda es la variable que más explica la probabilidad de encontrar regenerado avanzado de la especie en la misma. Esto indica que en su desarrollo se modifica el nicho óptimo de la especie, confirmando el temperamento de media sombra en fases iniciales, y la posterior necesidad de puesta en luz para completar su desarrollo, patrón descrito para la especie (Montero *et al.*, 2008). La relación positiva con la ocurrencia de regenerado avanzado de *P. pinea* en la especie confirma el patrón agregado del regenerado de la especie identificado previamente (Barbeito *et al.*, 2008) y su tendencia natural a formar masas irregulares por bosquetes en los huecos creados por los árboles (Calama *et al.*, 2008). Por último se identifica un efecto positivo de la presencia de *Q. ilex* en la celda y adyacentes, lo que nuevamente confirmaría el papel positivo que juega la encina en el desarrollo del regenerado de *P. pinea*.

En el caso de los brinzales de *J. oxycedrus*, se identifica una asociación positiva con la ocurrencia de regenerado avanzado tanto en la propia celda como en las adyacentes, lo que apuntaría a que en esta especie las condiciones óptimas del nicho de regeneración se mantienen constantes en las distintas fases. La existencia de una relación positiva entre la presencia de regenerado establecido de ambas especies, que se transforma en negativa en el caso del regenerado avanzado, apuntaría a este comportamiento diferenciado en la evolución de los nichos óptimos. La dependencia positiva entre la presencia de regenerado avanzado de *J. oxycedrus* y la sección total de los pies mayores de *P. pinea* presentes en la celda y adyacentes confirma el papel fundamental que en la dispersión del enebro juegan las aves y el efecto “percha” asociado a los pinos de mayor tamaño, efecto común en el regenerado de otras especies del género *Juniperus* sp. (Santos *et al.*, 1999). Por otra parte, se confirmaría la tolerancia y capacidad de desarrollo a la sombra de la especie, y la formación de agregados de regenerado en torno a los pinos en pie como alrededor de los pies reproductores (fuente de semilla) de enebro.

Por último, y desde el punto de vista de la gestión práctica de las masas, los resultados obtenidos –aunque muy preliminares– apuntan a que el mantenimiento de este tipo de masas mixtas requiere de la conservación los pies de enebros existentes y la aplicación de cortas de liberación en los pies maduros de *P. pinea* bajo los que se haya instalado regenerado de la especie, debiendo evitarse actuaciones sobre la encina que impliquen la eliminación total del estrato. El avance futuro de esta línea de estudio debe centrarse en mejorar los modelos al objeto de predecir no sólo la ocurrencia, sino la abundancia de los fenómenos, así como a incluir parámetros fisiológicos (crecimiento) que permitan una mejor caracterización del nicho de regeneración.

5. Agradecimientos

El presente trabajo se ha desarrollado en el marco financiero y funcional del proyecto S-AMB 2009-1668, “Regeneración de los Sistemas Forestales de la Comunidad de Madrid”, financiado por la Dirección General de Universidades de la CAM, y del proyecto AGL2010-15521. Los autores quieren agradecer la ayuda prestada por el personal de la Dirección General del Medio Natural de la CAM y del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Ávila.

6. Referencias

- Barbeito, I., Pardos, M., Calama, R., Cañellas, I., 2008. Effect of stand structure on stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. *Forestry* doi:10.1093/forestry/cpn037
- Bugmann, H., 2001. A review of forest gap models. *Climatic Change* 51: 259-305
- Calama, R., Montero, G., 2007. Cone and seed production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *Eur J For Res* 126(1): 23-35
- Calama, R., Barbeito, I., Pardos, M., del Río, M., Montero, G., 2008. Adapting a model for even-aged *Pinus pinea* L. stands fo complex multi-aged structures. *For Eco Manage* 256: 1390-1399
- Cañadas, MN., 2000. *Pinus pinea* L. en el Sistema Central (Valles del Tiétar y del Alberche): desarrollo de un modelo de crecimiento y producción de piña. Tesis Doctoral. UPM. 356 pp.
- Gómez-Aparicio, L., Zamora, R., Gómez, J., Hódar, J.A., Castro, J. Baraza, E., 2004 Applying plant positive interactions to refprestation in Mediterranean mountains: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol App* 14: 1128-1138
- Gordo, J., Calama, R., Pardos, M., Bravo, F., Montero, G., (eds.) 2012. *La regeneración natural de Pinus pinea L. y Pinus pinaster Ait. en los arenales de la Meseta Castellana*. Valladolid: IUGFS.
- Marañón, T., Camarero, J.J., Castro, J., Díaz, M., Espelta, J.M., Hampe, A. et al., 2004. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. En Valladares F. (ed). *Ecología del bosque Mediterráneo en un mundo cambiante*. Pp 69-99. Ministerio Medio Ambienta.

- Montero, G., Cañadas, N., Yagüe, S., Bachiller, A., Calama, R., Garriga, E., Cañellas, I., 2003. Aportaciones al conocimiento de las masas de *Pinus pinea* L. en los Montes de Hoyo de Pinares (Ávila – España). *Montes* 73.
- Montero, G., Serrada, R., Reque, J., (Eds.) 2008. *Compendio de Selvicultura de Especies*, pp 431-470. INIA – Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Paccala, S.W., Canham, C.D., Saponara, J., Silander, J.S., Kone, R.K., Ribbens, F., 1996. Forest models defined by field measurements: estimation, error analysis and dynamics. *Ecol. Monogr.* 66(1): 1-43
- Santos, T; Tellería, J.L., Virgós, E., 1999. Dispersal of Spanish juniper (*Juniperus turiphera*) by birds and mammals in fragmented landscape. *Ecography* 22: 193-204
- Zavala M.A., Zea, G.E., 2004. Mechanisms maintaining biodiversity in Mediterranean pine-oak forests: insights from a spatial simulation model. *Plant Ecol.* 171: 197–207.

