Foto 1.- Dormidero de milano real en el municipio de Siete Iglesias de Trabancos (Valladolid). Autor: Mariano Félix Pérez Pérez

Efecto de la composición y la estructura del bosque en la riqueza de aves forestales: implicaciones para la gestión forestal sostenible

Assu Gil Tena[1], Lluís Brotons Alabau[2], y Santiago Saura Martínez de Toda[3]

[1] Ingeniera de Montes. Dpto. de Ingeniería Agroforestal. ETSEA. Universidad de Lleida. Lleida. agil@eagrof.udl.es

[2] Dr. en Ciencias Biológicas. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. Solsona, Lleida. Inst. Catalán de Ornitología. Museo de Ciencias Naturales, Zoología. Barcelona. lluis.brotons@ctfc.cat

[3] Dr. Ingeniero de Montes. Prof. Titular de Universidad. Dpto. de Economía y Gestión Forestal. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. santiago.saura@upm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza cómo afecta la composición y estructura del bosque a la riqueza de aves forestales a escala de 1 x 1 km en Cataluña. Se muestra que la riqueza de aves se ve favorecida por la cabida forestal, siempre que se evite la dominancia de masas excesivamente cerradas (FCC > 70%); por la presencia de las clases naturales de edad más avanzadas (latizales y fustales); y por la diversidad de especies arbóreas y la mezcla de frondosas y coníferas. Las aves especialistas presentan una respuesta más fuerte que las generalistas frente a la cabida de bosque, la FCC y la superficie incendiada, esta última influyendo negativamente.

INTRODUCCIÓN

Aunque desde tiempos remotos los bosques de la cuenca mediterránea han recibido una importante influencia antrópica, todavía hay un notable desconocimiento acerca de las relaciones entre la gestión forestal, las características del bosque y la biodiversidad que estos albergan a nivel de rodal y también a escalas más amplias. Para abordar con garantías de éxito las acciones en materia de conservación de la biodiversidad forestal en un contexto de multifuncionalidad, aprovechamiento activo y gestión sostenible de los sistemas forestales es necesario realizar estudios adicionales que permitan entender el grado en el que las diferentes características del bosque influyen en la distribución de los distintos grupos de especies (SCARASCIA-MUGNOZZA et *al*., 2000).

En la región mediterránea, al igual que en otras partes del mundo, las aves forestales desempeñan un papel funcional esencial en los ecosistemas forestales y muchos autores las consideran un buen indicador de la biodiversidad (SEKERCIOGLU, 2006). Así, las aves forestales normalmente regulan las cadenas tróficas (depredando insectos, pequeños mamíferos, etc.) y, por ejemplo, las aves frugívoras tienen un papel crucial como dispersoras de semillas de muchas plantas en los bosques mediterráneos. Algunos estudios han demostrado que la distribución de aves está relacionada con las características del hábitat forestal a diferentes escalas espaciales (LOEHLE et *al*., 2005; WARREN et *al*., 2005; MITCHELL et *al*., 2006). Las aves forestales perciben el hábitat a una escala similar a la que la gestión forestal influye en la estructura del hábitat, es decir, no solamente a la escala de rodal en la que se ejecutan los tratamientos selvícolas, sino también a escala de paisaje. Sin embargo, todavía no se ha profundizado lo suficiente en analizar cómo afecta la composición y estructura del bosque a las comunidades de aves en los paisajes fundamentalmente forestales (RODEWALD y YAHNER, 2001), especialmente en la región mediterránea, con la salvedad de algunos estudios recientes (GIL-TENA et *al*., 2007; GIL-TENA et *al*., 2008, GIL-TENA et al., 2009).

Gráfico 1.- Distribución en Cataluña de las 3.038 cuadrículas UTM 1x1 km consideradas en el estudio

En el presente estudio se han analizado las relaciones entre la composición y estructura del bosque y la riqueza de especies de aves forestales generalistas y especialistas en Cataluña, así como el posible efecto de los incendios forestales, a escala de paisaje (1x1 km) mediante la determinación de las curvas de respuesta obtenidas a partir de Modelos Generalizados Aditivos, con vistas a proporcionar recomendaciones de gestión forestal orientadas a la conservación y fomento de la biodiversidad.

MÉTODOS

Datos de las aves forestales

Los datos de distribución de las aves forestales se obtuvieron a partir del trabajo de campo realizado en el marco del Atlas de Aves Nidificantes de Cataluña 1999-2002 (ESTRADA et *al*., 2004). Se utilizaron los censos de aves realizados por voluntarios para estimar la riqueza de especies de aves forestales en un total de 3.077 cuadrículas UTM 1x1 km, consistentes en dos censos de una hora de duración para cada una de las cuadrículas muestreadas, durante los cuales se registró cada una de las especies detectadas. Para las aves nidificantes diurnas los censos se restringieron al período de marzo a julio, inclusive, realizándose desde el amanecer hasta las 11 am, y desde las 6 pm hasta el atardecer.

Se consideraron 53 especies de aves nidificantes diurnas (ver Tabla 1), excluyendo las nocturnas ya que la intensidad de muestreo fue menor. Se clasificaron 22 especies como aves forestales especialistas y las restantes 31 como generalistas, considerando para cada especie la matriz de selección de hábitat estimada en el Atlas de Aves Nidificantes de Cataluña (GIL-TENA et al., 2007; GIL-TENA et *al*., 2008, GIL-TENA et *al*., 2009). Se cal-

Tabla 1.- Aves forestales nidificantes estudiadas

Especies especialistas	Especies generalistas
Accipiter gentilis	*Anthus trivialis*
Accipiter nisus	*Buteo buteo*
Aegithalos caudatus	*Carduelis spinus*
Certhia familiaris	*Certhia brachydactyla*
Coccothraustes coccothraustes	*Circaetus gallicus*
Dendrocopos major	*Columba palumbus*
Dendrocopos minor	*Corvus corax*
Dryocopus martius	*Corvus corone*
Erithacus rubecula	*Cuculus canorus*
Fringilla coelebs	*Emberiza cia*
Garrulus glandarius	*Emberiza citrinella*
Loxia curvirostra	*Falco subbuteo*
Parus ater	*Ficedula hypoleuca*
Parus caeruleus	*Hieraaetus pennatus*
Parus palustris	*Lullula arborea*
Phylloscopus collybita	*Milvus milvus*
Regulus ignicapilla	*Oriolus oriolus*
Regulus regulus	*Parus cristatus*
Sitta europaea	*Parus major*
Sylvia atricapilla	*Pernis apivorus*
Tetrao urogallus	*Phylloscopus bonelli*
Turdus philomelos	*Picus viridis*
	Prunella modularis
	Pyrrhula pyrrhula
	Serinus citrinella
	Sylvia borin
	Sylvia cantillans
	Troglodytes troglodytes
	Turdus merula
	Turdus torquatus
	Turdus viscivorus

culó la riqueza de especies de aves forestales especialistas y generalistas en cada una de las 3.038 cuadrículas finalmente consideradas, correspondientes a aquellas cuyos límites se encontraban plenamente dentro de Cataluña y para las cuales se disponía de información actualizada de las características del bosque y/o de los incendios forestales ocurridos durante el período 1980-2000 (Graf. 1).

Variables de composición y estructura del bosque

Las variables relativas a la composición y estructura del bosque se obtuvieron a partir del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50), creado en el marco del Tercer Inventario Forestal Nacional (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006). El MFE50 se ha desarrollado a partir de la interpretación de ortofotos digitales, combinadas con mapas preexistentes, trabajos de campo y datos de inventario, teniendo una unidad mínima cartografiada de 2,5 ha para las teselas arboladas.

Se obtuvieron las siguientes variables para cada una de las 2.923 cuadrículas para las que se disponía de información actualizada del MFE50:

- Cabida de bosque, expresada como el porcentaje de la superficie de la cuadrícula cubierta por bosque con una fracción de cabida cubierta (FCC) superior a un 5% (para las aves generalistas) y a un 40% (para las aves especialistas), al ser estos los valores de cabida según diferentes umbrales de FCC para los que más alta era la correlación con la riqueza de las aves según el grado de especialización correspondiente.
- Fracción de cabida cubierta (FCC) media ponderada por el área de cada tesela de bosque dentro de una cuadrícula UTM.
- Estado de desarrollo, media de las clases naturales de edad diferenciadas en el MFE50 (repoblado (1), monte bravo (2), latizal (3) y fustal (4)) ponderada por el área de cada tesela de bosque dentro de una cuadrícula UTM.
- Porcentaje de especies de coníferas en términos de cabida, en contraposición al porcentaje de especies de frondosas (ambos porcentajes suman el 100% y por lo tanto sólo la primera variable fue considerada en el análisis).
- Diversidad de especies arbóreas forestales, calculada a partir de la proporción de superficie de bosque cubierta por cada especie y cuantificada mediante el índice de Shannon-Wiener. Aunque el MFE50 sólo diferencia un máximo de tres especies arbóreas en cada tesela, a la escala considerada esa limitación es menos relevante dado que cada cuadrícula 1 x 1 km presenta una media de 6,6 teselas de bosque y una riqueza media y máxima estimada de 4,5 y 15 especies arbóreas respectivamente.

La superficie de bosque incendiada acumulada en cada cuadrícula 1 x 1 km en el periodo 1980-2000 se obtuvo a partir de los perímetros de incendios forestales disponibles a nivel autonómico (*DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE*, 2007). El efecto de los incendios se estudió únicamente en las 509 UTM 1x1 km que sufrieron algún incendio forestal.

Análisis de datos

Se han utilizado Modelos Generalizados Aditivos (MGA; (HASTIE y TIBSHIRANI, 1987)) para definir las curvas de respuesta de las variables de riqueza de especies de aves forestales frente a las características de estructura y composición del bosque. Los MGA son una extensión no paramétrica de los Modelos Lineales Generalizados y de los modelos lineales clásicos con distribuciones normales. Los MGA son capaces de analizar datos con distribuciones no normales y además llevan incorporados algoritmos de cálculo que apli-

Tabla 2.- Funciones MGA después de realizar por separado las regresiones para cada variable predictora frente a la riqueza de especies de aves forestales según el grado de especialización. Los MGA utilizan la desvianza para evaluar la bondad del ajuste del modelo de manera análoga al coeficiente de determinación (R^2) en las regresiones lineales simples, evaluándose la variación en la desvianza del modelo sobre un modelo nulo en el que se introduce la variable a modelizar sin considerar ninguna variable explicativa. Todos los ajustes de las *splines* fueron significativos (p < 1e-7). g.l.e. son los grados de libertad estimados que se pierden al utilizar la *spline*

		Cabida de bosque	FCC	Estado de desarrollo	Diversidad de especies arbóreas	Porcentaje de especies de coníferas	Superficie de bosque incendiada
Especialistas	Desvianza explicada	49,6	40,3	31,5	28,2	12,6	8,4
	g.l.e. *spline*	2,9	6,9	5,2	2,9	2,8	2,5
Generalistas	Desvianza explicada	32,0	29,2	27,0	23,5	13,1	2,9
	g.l.e. *spline*	3,0	5,7	5,8	2,9	2,9	2,4

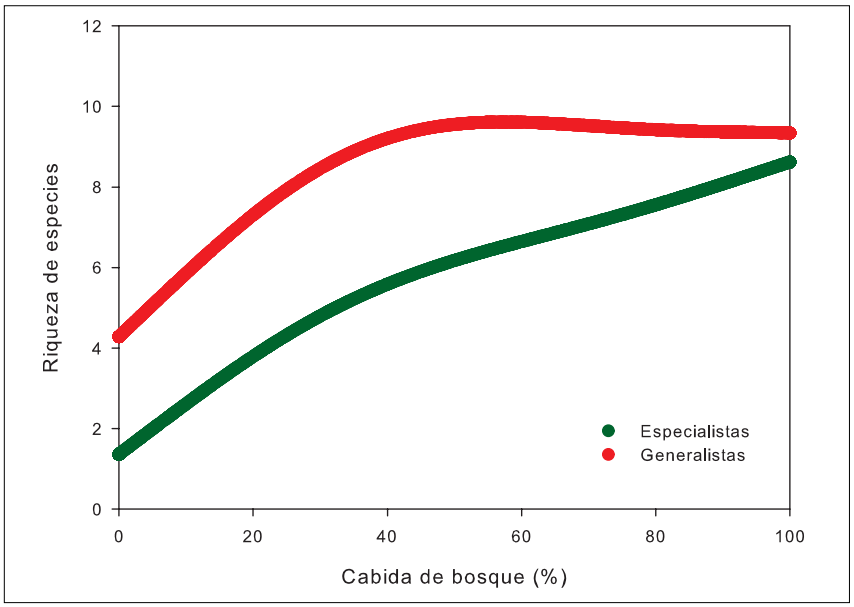


Gráfico 2.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente al porcentaje de la cabida total de la cuadrícula cubierta por bosque. En el caso de las aves generalistas la curva corresponde a la cabida de bosque con una FCC a partir del 5%, mientras que para las especialistas corresponde a la cabida de bosque con una FCC a partir del 40%

can transformaciones no lineales a las variables predictoras, de forma que son más potentes que las regresiones lineales simples en términos de predicción. No obstante, las curvas ajustadas requieren de una evaluación de credibilidad para poder seleccionar sólo aquellas funciones con un significado ecológico y forestal interpretable. Según HASTIE y TIBSHIRANI (1987) hay diferentes formas de obtener las funciones de ajuste, como las splines (WOOD y AUGUSTIN, 2002), que son las utilizadas en el presente artículo. Los grados de libertad en este tipo de regresión indican la complejidad de la curva *spline* ajustada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de varianza explicada por las variables de bosque ha sido mayor para las aves especialistas, excepto para el caso del porcentaje de especies de coníferas (Tabla 2), lo que concuerda con la mayor afinidad de las aves forestales especialistas por los bosques en comparación con las generalistas. La cabida de bosque es la variable que más se relaciona con la riqueza de aves, seguida por la FCC, el estado de desarrollo y la diversidad arbórea, y en menor grado

Gráfico 3.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente a la fracción de cabida cubierta (FCC)

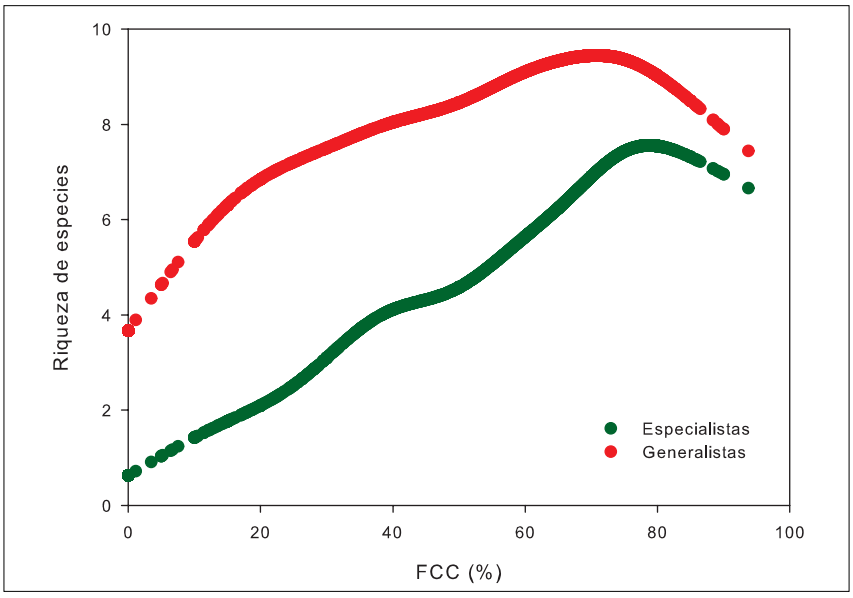


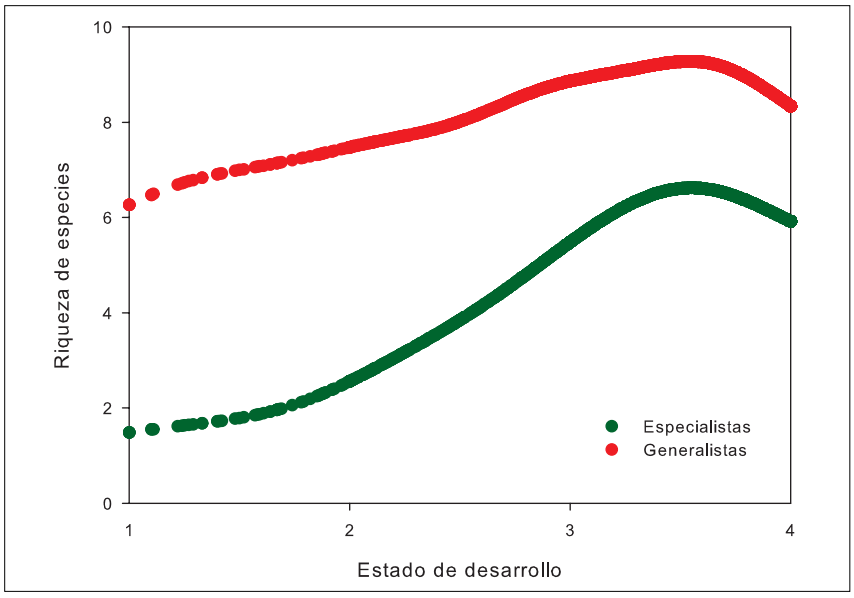
Foto 2.- Masa de *Pinus sylvestris* procedente de repoblación situada en el monte de Ordials en el término municipal de Tremp (Lleida). Autora: Anna Ivars

Foto 3.- Curruca rabilarga (*Sylvia undata*) en arbustos de *Rosa canina*. Autor: Mariano Félix Pérez Pérez

el porcentaje de coníferas y la superficie incendiada (Tabla 2). Se observa que las aves especialistas se ven siempre favorecidas por un incremento en la cabida del bosque (Graf. 2), mientras que para las generalistas porcentajes de bosque por encima del 50% ya no suponen un incremento en la riqueza de especies.

Los resultados para la fracción de cabida cubierta muestran que la dominancia de bosques con una FCC muy alta (superior al 70% a esta escala) resulta en una menor riqueza de especies de aves forestales independientemente de su grado de especialización (Graf. 3), lo que concuerda con resultados previos (GIL-TENA et *al*., 2007; GIL-TENA et *al*., 2008). Se pone por lo tanto de manifiesto que bosques muy cerrados, en muchos casos con problemas de excesiva densidad (Foto 2), podrían no reunir todas las condiciones necesarias para acoger una amplia variedad de aves forestales, debido al menor desarrollo de las copas y de árboles de grandes diámetros en condiciones de excesiva competencia, así como al limitado desarrollo del estrato arbustivo por la menor penetración de la luz. Este estrato arbustivo provee a las especies de sustratos de alimentación y nidificación y contribuye a una mayor heterogeneidad estructural que puede reducir el riesgo de depredación al favorecer la ocultación de las aves (Foto 3).

Gráfico 4.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente al estado de desarrollo del bosque obtenido a partir de las clases naturales de edad (repoblado (1), monte bravo (2), latizal (3) y fustal (4))



La curva de respuesta frente al estado de desarrollo del bosque muestra una tendencia positiva hasta un valor cercano a lo que correspondería con un estado de fustal, a partir del cual hay un menor número de especies asociadas (Graf. 4). Un avanzado estado de desarrollo puede ser beneficioso para muchas de las especies aquí consideradas, ya que este tipo de bosques suele tener un gran número de estratos de vegetación y árboles añosos que pueden proveer más cavidades y una mayor cantidad de madera muerta que sir-

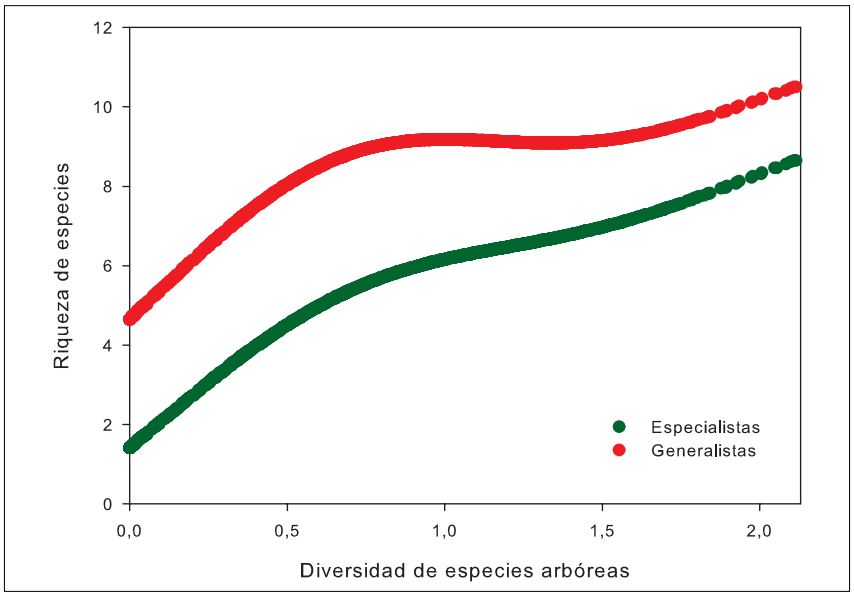
Foto 4.- Herrerillo común (*Parus caeruleus*) junto a la oquedad que utiliza como nido. Autor: Mariano Félix Pérez Pérez

Foto 5.- Pollo de azor (*Accipiter gentilis*) en un nido construido sobre un pie de *Pinus pinea*. Autor: Mariano Félix Pérez Pérez

van como sustrato de nidificación y alimento (CAMPRODON, 2001) (Fotos 4, 5 y 6). No obstante, la ligera tendencia decreciente indicaría que bosques con estados de desarrollo avanzados son beneficiosos para las aves forestales siempre y cuando no impliquen una excesiva homogeneización del paisaje, al estar éste formado únicamente por fustales.

Bosques con una elevada diversidad de especies arbóreas y donde no predomine un único tipo de especies son también beneficiosos para la riqueza de especies de aves forestales, que presenta un máximo cuando la mezcla de coníferas y frondosas se sitúa en torno al 50% (Graf. 5 y 6). Una mayor diversidad de especies arbóreas permite una mayor disponibilidad de hábitats distintos para un mayor número de aves forestales, ya que pocas especies ven reunidos todos sus requerimientos de hábitat de bosque en una única especie arbórea (ver GIL-TENA et *al*., 2007). El menor grado de asociación del porcentaje de coníferas respecto a la riqueza de especies de aves forestales, en comparación con el resto de características del bosque consideradas, pone de manifiesto la menor importancia del tipo de especie arbórea concreta frente a otras características de estructura de bosque o de estadios de sucesión (MITCHELL et *al*., 2006).

Gráfico 5.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente a la diversidad de especies arbóreas



La influencia de los incendios forestales parece ser escasa a la escala considerada (Tabla 2), pero con una tendencia negativa de la curva de respuesta tanto para las aves especialistas como para las generalistas, aunque en este último caso el efecto negativo es sólo más patente a partir de superficies quemadas relativamente elevadas (Graf. 7). Esto concuerda en parte con estudios previos realizados en Cataluña que han mostrado que los paisajes forestales modelados por los incendios forestales no representan necesariamente un elevado impacto en las aves forestales a escala de paisaje (HERRANDO y BROTONS, 2002) siempre que la intensidad y recurrencia de los incendios no

sea excesiva, y que dependiendo de la especie considerada la respuesta a la heterogeneidad del paisaje forestal resultante puede llegar a ser positiva (BROTONS et *al*., 2004).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN FORESTAL

- La gestión forestal sostenible debe considerar, dentro del contexto actual de la multifuncionalidad que se demanda a nuestros recursos forestales, las características del bosque que favorecen la riqueza de especies de aves forestales y otros componentes de su biodiversidad.
- Nuestros resultados muestran que las características estructurales del bosque son mucho más determinantes para la riqueza de aves forestales que otras referidas al tipo de especies arbóreas presentes (e.g. coníferas vs. frondosas).
- Más allá del origen o características iniciales del bosque, una adecuada gestión forestal puede y debe conducir las masas a estructuras más favorables y con una mayor capacidad de acogida para la biodiversidad. Especialmente aquellas masas con exceso de densidad y competencia, tan frecuentes en nuestros montes tras los procesos de abandono rural sucedidos en las últimas décadas y de falta de gestión de muchas de las repoblaciones realizadas durante el siglo XX (Foto 2), se beneficiarían de tratamientos selvícolas de una intensidad adecuada que facilitaran su transición a estados más maduros (con copas y fustes más desarrollados) y favorecieran la implantación de una mayor variedad de especies, beneficiando así al conjunto de la biodiversidad del monte (TORRAS y SAURA, 2008).
- Por otra parte, se deberían limitar algunas prácticas arraigadas en muchos montes privados catalanes, como son las cortas por huroneo, que inciden únicamente sobre los pies de mayor valor y dimensiones y conllevan una selección negativa del arbolado, así como crear y reforzar las redes de conservación de bosques maduros como la de la iniciativa *Pirineu Viu* en la comarca del Pallars Sobirà (Lleida).
- La ordenación de montes debe fomentar una variedad de rodales y especies arbóreas en el paisaje y evitar la excesiva homogenización del paisaje que se está produciendo tras el abandono de la gestión en muchas comarcas durante las últimas décadas, y que hace que actualmente los incendios forestales sean la mayor perturbación (y en algunos casos casi la única) que afecta a nuestros montes.
- Los incendios forestales proporcionan, de manera en muchas ocasiones traumática, una heterogeneidad del paisaje que en algunos casos puede ser favorable para diversas especies (habitualmente aves generalistas que se benefician de los mosaicos de bosque y otros espacios abiertos) pero que podría conseguirse de una manera más beneficiosa para la sociedad, mediante una planificación forestal integrada que abarque desde la escala de rodal hasta la escala de paisaje.

Gráfico 6.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente al porcentaje de la superficie total de bosque cubierta por coníferas

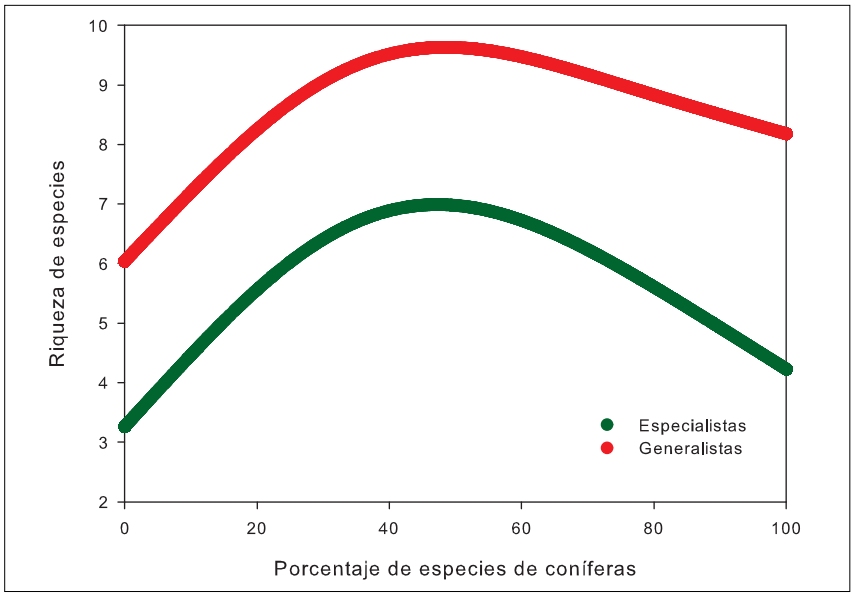


Gráfico 7.- Curva de respuesta de la riqueza de especies de aves forestales frente a la superficie incendiada acumulada (ha) en la cuadrícula entre 1980 y 2000. Se consideran aquí únicamente aquellas cuadrículas en las que ha habido incendios forestales durante dicho período (509). Algunas cuadrículas han sufrido incendios recurrentes, por lo que la superficie quemada acumulada en el periodo puede ser superior a la propia superficie de la cuadrícula (100 ha)

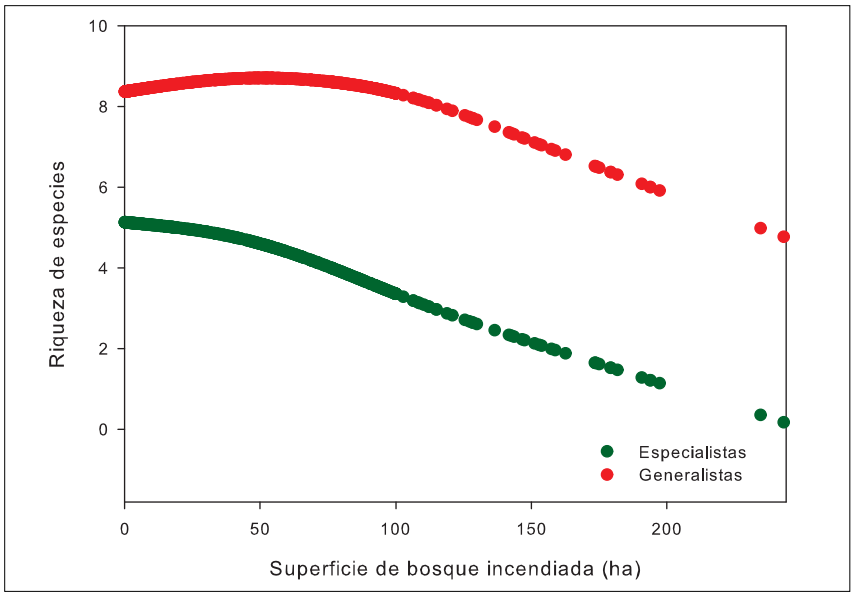


Foto 6.- Pie muerto de *Pinus pinea* en el término municipal de Pollos (Valladolid). Autor: Mariano Félix Pérez Pérez

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro del proyecto IBEPFOR (CGL2006-00312/BOS) del Plan Nacional de I+D+I. Agradecer a todos los voluntarios que hicieron posible el Atlas de Aves Nidificantes de Cataluña. El MFE50 ha sido proporcionado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. A. Gil-Tena disfruta de una beca predoctoral (2008FIC-00195) con el apoyo del *CUR del DIUE* y el apoyo del Fondo Social Europeo; y Lluís Brotons, de un contrato Ramón y Cajal del Ministerio de Ciencia e Innovación.

BIBLIOGRAFÍA

BROTONS, L.; HERRANDO, S.; MARTIN, J. L.; 2004. Bird assemblages in forest fragments within Mediterranean mosaics created by wild fires. *Landscape Ecology*, 19: 663-675.

CAMPRODON, J.; 2001. *Tratamientos forestales y conservación de la fauna vertebrada*. En: CAMPRODON, J. y PLANA, E. (Eds), Conservación de la biodiversidad y gestión forestal. Su aplicación en la fauna vertebrada. Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona.

DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE; 2007. http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/incendis.jsp?ComponentID=92521&SourcePageID=6463#1

ESTRADA, J.; PEDROCCHI, V.; BROTONS, L.; HERRANDO, S. (Eds); 2004. *Atles dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*. Institut Català d'Ornitologia (ICO) / Lynx Edicions. Barcelona.

GIL-TENA, A.; BROTONS, L.; SAURA, S.; 2009. Mediterranean forest dynamics and forest bird distribution changes in the late 20th *Century. Global Change Biology* (en prensa).

GIL-TENA, A.; SAURA, S.; BROTONS, L.; 2007. Effects of forest composition and structure on bird species richness in a Mediterranean context: Implications for forest ecosystem management. *Forest Ecology and Management*, 242: 470-476.

GIL-TENA, A.; TORRAS, O.; SAURA, S.; 2008. Relationships between forest landscape structure and avian species richness in NE Spain. *Ardeola*, 55: 27-40.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; 1987. Generalized additive models: some applications. *Journal of The American Statistical Association*, 82(398): 371-386.

HERRANDO, S.; BROTONS, L.; 2002. Forest bird diversity in Mediterranean areas affected by wildfires: a multi-scale approach. *Ecography*, 25: 161-172.

LOEHLE, C.; WIGLEY, T. B.; RUTZMOSER, S.; GERWIN, J. A.; KEYSER, P. D.; LANCIA, R. A.; REYNOLDS, C. J.; THILL, R. E.; WEIH, R.; WHITE, D.; WOOD, P.B.; 2005. Managed forest landscape structure and avian species richness in the southeastern US. *Forest Ecology and Management*, 214(1-3): 279-293.

MINISTERIO DE MEDIO DE MEDIO AMBIENTE; 2006. *Tercer Inventario Forestal Nacional*. Lleida. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.

MITCHELL, M. S.; RUTZMOSER, S. H.; WIGLEY, T. B.; LOEHLE, C.; GERWIN, J. A.; KEYSER, P. D.; LANCIA, R. A.; PERRY, R. W.; REYNOLDS, C. J.; THILL, R. E.; WEIH, R.; WHITE, D.; WOOD, P. B.; 2006. Relationships between avian richness and landscape structure at multiple scales using multiple landscapes. *Forest Ecology and Management*, 221(1-3): 155-169.

RODEWALD, A. D; YAHNER, R. H.; 2001. Influence of landscape composition on avian community structure and associated mechanisms. *Ecology*, 82(12): 3493-3504.

SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; OSWALD, H.; PIUSSI, P; RADOGLOU, K.; 2000. Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132(1): 97-109.

SEKERCIOGLU, C. H.; 2006. Increasing awareness of avian ecological function. Trends in Ecology and Evolution, 21(8): 464-471.

TORRAS, O.; S. SAURA; 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecology and Management*, 255: 3322-3330.

WARREN, T. L.; BETTS, M. G.; DIAMOND, A. W.; FORBES, G. J.; 2005. The influence of local habitat and landscape composition on cavity-nesting birds in a forested mosaic. *Forest Ecology and Management*, 214(1-3): 331-343.

WOOD, S. N.; AUGUSTIN, N. H.; 2002. GAMs with integrated model selection using penalized regression splines and applications to environmental modelling. *Ecological Modelling*, 157(2-3): 157-177.