



5º CONGRESO FORESTAL  
ESPAÑOL

# 5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

---

REF.: 5CFE01-035

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León  
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009  
ISBN: 978-84-936854-6-1  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Modelos de disponibilidad de hábitat aplicados a dos especies de rapaces forestales en las comarcas de Urbión y el Alto Tajo.

GARCÍA DEL BARRIO, J.M.<sup>1</sup>, SANCHEZ DE RON, D.<sup>1</sup>, DE MIGUEL Y DEL ÁNGEL, J.<sup>1</sup>, ORTEGA QUERO, M.<sup>2</sup> y ELENA ROSSELLÓ, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Recursos Forestales. Centro de Investigación Forestal CIFOR. Instituto Nacional de investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA. Madrid. España. [jmgarcia@inia.es](mailto:jmgarcia@inia.es)

<sup>2</sup>Departamento de Silvopascicultura. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Forestales EUITF. UPM. Madrid. [ramon.elena.rossello@upm.es](mailto:ramon.elena.rossello@upm.es)

### Resumen

Los Planes de Ordenación de Recursos Forestales (PORFs) contemplan como un objetivo fundamental el mantenimiento de la biodiversidad a distintos niveles (poblaciones, hábitats, ecosistemas y paisajes). En este sentido, resulta necesario poner a punto y contrastar métodos para, utilizando como base la información existente, establecer modelos de disponibilidad de hábitats, relaciones hábitat ocupado/hábitat disponible y modelos de conectividad y/o fragmentación para determinadas especies a distintas escalas. En el presente trabajo se propone un ejemplo de esta metodología aplicada a dos especies de rapaces forestales, el abejero europeo (*Pernis apivorus*) y el gavilán (*Accipiter nisus*). La zona de estudio comprende un sector de 30.000 km<sup>2</sup> del centro-este peninsular con las comarcas forestales de Urbión y Alto Tajo como límites septentrional y meridional respectivamente. Los datos de presencia de las especies proceden del Atlas de las Aves Nidificantes de España, mientras que los correspondientes a variables ambientales (climáticas, topográficas, etc) proceden de distintas fuentes digitales. El análisis de los datos y las representaciones de los resultados se realiza mediante Estadística y ArcGIS.

### Palabras clave

Biodiversidad, PORFs, Modelos de Disponibilidad de Hábitat, especies forestales, regresión logística.

### 1. Introducción

Las especies animales ligadas de una u otra manera al medio forestal, son dependientes no sólo de la cantidad de hábitat disponible sino también de su calidad. Es por ello que la planificación, la gestión y el monitoreo de la biodiversidad de los espacios forestales se convierte en objetivo prioritario, independientemente de la figura de protección y/o conservación que les afecte. Aunque recientemente se ha producido un gran avance en el conocimiento de los requerimientos de hábitat y la distribución de la mayoría de especies de vertebrados ibéricos, no es menos cierto que resulta necesario una mayor profundización en la determinación de los factores que, a distintas escalas, han influido o influyen en la dinámica poblacional de dichas especies y la forma en que dichos factores pueden afectar, tanto de modo negativo como positivo, a su abundancia.

La pérdida de conexión entre las distintas poblaciones o la fragmentación de los hábitats tradicionalmente favorables en unidades de menor tamaño y capacidad de carga, son dos factores que se citan en la literatura (ver p. e. FARHIG, 2001;

LINDENMAYER, et al, 2003; ALDERMAN et al, 2005) como causas de la disminución de efectivos poblacionales. Si bien en algunos casos se conoce de manera adecuada la autoecología de la especie objeto de estudio, las causas de desajuste entre la distribución potencial y real de dicha especie tienen que ver con factores que actúan a distintas escalas, por lo que resulta sumamente útil establecer modelos de predicción de la presencia de la especie basados en variables del territorio, usando como soporte los Sistemas de Información Geográfica (SIGs). Como primera aproximación, la existencia de una especie en una unidad territorial puede predecirse a través de modelos que toman como independientes determinadas variables ambientales, modelos que en general se agrupan bajo el término disponibilidad de hábitat (ver p. e. OTTAVIANI et al, 2004 o GUI SAN y THUILLER, 2005).

Los paisajes forestales en general y algunas comarcas forestales en particular presentan una biodiversidad de hábitat vegetales y especies animales de elevado interés. Es por ello que resulta necesario de cara a la planificación de los usos del suelo y la gestión de las masas forestales, establecer una metodología que permita, de una manera sencilla y económicamente eficaz, realizar una cartografía basada en modelos de disponibilidad de hábitat de las principales especies susceptibles de encontrarse, real o potencialmente, en la zona. Estos modelos serán la base para establecer, bajo el paraguas de los Planes de Ordenación de Recursos Forestales (PORFs), las prioridades de acción que permitan preservar o potenciar la presencia de dichas especies de especial interés.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo se centra en el desarrollo y testado de una metodología que, a partir de regresión logística entre la presencia de especies y variables fisiográfico-climáticas y de tipología de hábitats vegetales, nos permita establecer la disponibilidad de hábitat para dos especies de rapaces forestales, el gavián y el abejero europeo, a partir de los datos de presencia en cuadrículas 10 x 10 km<sup>2</sup> del Atlas de especies de aves nidificantes, y utilizando como referencia territorial dos comarcas forestales del centro-este peninsular.

## 3. Metodología

La zona de estudio se localiza en el centro-noreste de la península con límites 42° 16' N y 40° 21' N, 3° 21' W y 1° 41' W, cubriendo un total de 280 cuadrículas 10 x 10 km<sup>2</sup>, en un rectángulo de vértices (30TVM77, 30TXM07, 30TVK78, 30TXK08). La zona norte está ocupada por el bosque modelo de Urbión con una extensión aproximada de 128.600 ha, mientras que la sur corresponde a la comarca forestal del Alto Tajo (definida de esta manera para el estudio) con una extensión de 156.300 ha. Ambas zonas son eminentemente forestales cubriendo el uso del suelo forestal arbolado (ver MFE50) un 85 % del territorio de Urbión y un 80 % del Alto Tajo (Tabla 1).

Las especies de aves forestales estudiadas son el gavián (*Accipiter nisus*) y el abejero europeo (*Pernis apivorus*), con distinta presencia en las dos zonas forestales, siendo el gavián la más abundante (ocupa el 87,5 % de las cuadrículas de Urbión y el 42 % de las del Alto Tajo) y mostrando el abejero europeo una menor distribución (ocupa el 58 % de las cuadrículas de Urbión y tan sólo el 7 % de las del Alto Tajo).

Ambas especies son eminentemente forestales aunque con grandes diferencias en las preferencias de tipología de bosque (MMA, 2004). El abejero europeo es una especie estival que se considera ligada a masas forestales caducifolias de clima templado húmedo, aunque en su límite de distribución más meridional y oriental puede aparecer más frecuentemente en bosques esclerófilos o de coníferas. El gavián, sin embargo, es una especie fundamentalmente sedentaria con una presencia mucho más continua que puede ocupar gran diversidad de masas boscosas, incluso pequeñas masas arboladas entre cultivos y zonas deforestadas, y sin necesidad que las masas donde se asienta sean maduras (atlas de aves nidificantes).

La información sobre usos del suelo se ha tomado del Mapa Forestal de España (MFE50). En función de las especies y del grado de ocupación de las mismas se ha podido establecer una tipología (ver Tabla 1) de bosques (B) diferenciando los mismos en tres categorías: bosque de coníferas (C), bosque de frondosas (F) y bosques mixtos (M). La proporción de cada uno de los tipos de masa forestal, así como variables fisiográficas y climáticas, se ha calculado para cada una de las 280 cuadrículas de 10 km x 10 km. Como variables fisiográficas se han incorporado la altitud media (ALT) y rugosidad (RUG), entendiéndola ésta como el ratio entre la superficie “real” calculada a partir del modelo de elevaciones y su proyección en plano. Las variables climáticas son la precipitación media anual (PMA), la temperatura media anual (TMA), la precipitación del verano -meses de junio, julio y agosto- (PVER) (ver GONZALO 2007). La información sobre la presencia de las especies se ha tomado de la base de datos de Biodiversidad - Vertebrados (MMA, 2007), proporcionada por el Banco de Datos de Biodiversidad.

Para la modelización de la presencia/ausencia de las especies en cada una de las cuadrículas UTM de 10 x 10 km<sup>2</sup> en función de las variables ambientales (climáticas, fisiográficas y de usos del suelo) recogidos en un SIG (ArcGis 9.2 de ESRI), se han realizado Modelos Lineales Generalizados. La regresión logística (regresión de Poisson-log. Statistica v. 7), en un primer paso, se ha aplicado a cada una de las variables por separado lo que permite establecer cuales podrían ser aquellas que muestran una mayor significación y explicación ecológica. Posteriormente, y con el mismo sentido que el señalado para cada una de las variables, se han incorporado en el modelo final las interacciones de segundo grado que resultaron significativas.

#### 4. Resultados

Dentro del área de estudio, el área forestal arbolada ocupa un 45.5% del total de superficie, sin apenas diferencias en las proporciones de cada uno de los tipos de bosque. Las masas más extensas y continuas se encuentran dentro de los límites de cada una de las dos comarcas forestales mencionadas encontrándose menos representados aquí los bosques de frondosas (ver Tabla 1).

La localización de las dos especies, pese a ser consideradas ambas como típicamente forestales, muestran claras diferencias respecto a su distribución espacial. Como puede observarse en la Figura 1 existe una relación positiva entre la superficie de bosque que ocupa la cuadrícula y la presencia de las especies, estando siempre mejor representado el gavián que el abejero europeo. Para el gavián se alcanza la máxima presencia (ocupación del 70%) cuando la superficie del bosque abarca más del 50% de las cuadrículas, mientras que el abejero europeo llega a su máximo (50% de las

cuadrículas) cuando el ámbito forestal representa entre el 70-80% de la superficie. Si observamos la relación existente entre las dos especies y una variable fisiográfica, como es la altitud media de las cuadrículas (ver Figura 2), observamos claras diferencias de localización para cada una de ellas. El gavilán presenta una distribución más continua que el abejero. Este último se sitúa siempre por encima de los 900m de altitud, llegando al máximo de ocupación en la media montaña, alrededor de los 1400m. En este aspecto, la máxima ocupación de las cuadrículas según la altitud, existe coincidencia para las dos especies.

En las Tablas 2 y 3 se muestran las variables del modelo (una a una y el modelo final) y los estadísticos para ambas especies. Si bien todas las variables consideradas entran en los modelos con una probabilidad mayor que el 0.05, la devianza de las predicciones es bastante distinta en ambos casos, alcanzando un valor relativamente adecuado para el abejero (0.38) pero con escasa capacidad predictiva para el gavilán (0.13). Esto hace que las coincidencias entre cuadrículas ocupadas y hábitat favorable (aquellas cuadrículas que en la estimación del modelo presentan una probabilidad por encima del valor 0.5) sean distintas en ambos y con valores difíciles de explicar en ocasiones.

En general, para el abejero europeo se observa como la cubierta forestal que mayor grado de significación tiene por sí misma es la proporción de bosque, siendo el de frondosas el que mayor explicación tiene si consideramos por separado cada una de las tipologías de bosque. De las variables ambientales, habitualmente bastante correlacionadas entre sí, la precipitación del verano es la más explicativa de forma individual.

El gavilán, a diferencia del abejero europeo, no muestra que ninguna tipología de bosque tenga mayor importancia que las demás. De hecho, ninguna variable recoge de forma amplia cambios en la devianza. Incluso el modelo final tiene una limitada explicación de los hábitats ligados a la especie como reproductora apareciendo sólo como variables significativas la proporción de bosque, la rugosidad del terreno y las precipitaciones del verano. Esto puede deberse a que la especie podría considerarse más generalista que forestal y su única exigencia para establecerse como reproductora se relacionaría con la existencia de pequeñas masas forestales, presentes en casi todas las cuadrículas analizadas a esta escala.

## 5. Discusión

El conocimiento de las principales variables fisiográfico-climáticas, de tipología de la vegetación y usos del suelo, o de la actividad humana resulta imprescindible para poder establecer modelos de disponibilidad de hábitat para especies animales a las escalas territoriales adecuadas. Estos modelos representados a escala de paisaje, de comarca, región, etc, nos permiten argumentar sobre hasta que punto la fragmentación de las poblaciones puede considerarse una amenaza o sobre en que zonas del territorio la conectividad puede considerarse adecuada.

Los resultados del presente trabajo ponen de manifiesto la utilidad de estos modelos, tal como sucede en algunos trabajos recientes (DE FRUTOS *et al.*, 2007). Sin embargo, en nuestro caso hay dos restricciones importantes que se deben comentar porque sin duda afectan directamente a los resultados. En primer lugar se trata de la

escala de los datos de presencia de la especie en cuadrículas de  $10 \times 10 \text{ km}^2$ . En el Atlas de Aves Reproductoras de España (MMA, 2004), la existencia de la especie en este tamaño de cuadrículas se da como segura o probable (sin datos sobre su abundancia), lo que en la Base de Datos de Biodiversidad de Vertebrados se traduce como presencia o cita en una determinada cuadrícula. Esta circunstancia, utilizando como unidad un territorio de  $100 \text{ km}^2$ , hace que la posibilidad de falsos ceros (cuadrículas donde la especie no se ha detectado pero en los que puede estar presente) sea grande y, por tanto, los valores de las variables asociadas a los paisajes de dichas cuadrículas pueden ser considerados como inadecuados para la presencia de la especie y, en definitiva, desfavorables en el modelo de disponibilidad de hábitat. Además, la gran extensión de la cuadrícula hace que no se puedan discernir adecuadamente aspectos específicos ligados a la biología de las especies ya que, en general, la extensión del territorio de una pareja y/o colonia esta uno o dos órdenes de magnitud por debajo del tamaño mínimo de muestreo (SYARTINILIA, 2008, ZARRI et al, 2008). Estas dos importantes limitaciones han ocasionado que en el presente trabajo se haya obviado otro de los retos que se abordan en los modelos de disponibilidad de hábitat como es el de tratar de manera adecuada la autocorrelación espacial tanto de la variable respuesta como de las principales variables explicativas (PIORECKY y PRESCOTT, 2006; SYARTINILIA, 2008).

Para finalizar, y dado que el trabajo intenta aportar soluciones metodológicas para abordar problemas relacionados con la biología de la conservación de especies en paisajes forestales mediterráneos, señalamos algunos aspectos relativos a la mejora de la aplicabilidad del método. En primer lugar, para la escala de comarca forestal resulta necesario utilizar como referencia la malla de  $1 \times 1 \text{ km}^2$  mejorando, en la medida de lo posible, la información existente para las principales especies a esta escala y evitando los falsos vacíos de presencia en el ajuste del modelo. La disponibilidad de hábitat puede establecerse en una escala absoluta, favorable o desfavorable, o en una escala de probabilidad, tal y como sugiere nuestro trabajo, donde los corredores y zonas de discontinuidad sean interpretados en ese sentido.

## 6. Bibliografía

ALDERMAN, J., MCCOLLIN, D., HINSLEY, S. A., BELLAMY, P. E., PICTON, P. & CROCKETT, R. 2005. Modelling the effects of dispersal and landscape configuration on population distribution and viability in fragmented habitat. *Landscape Ecology*. 20 :857-870

FAHRIG, L. 2001. How much habitat is enough?. *Biological Conservation*, 100 : 65-74.  
GONZALO, J. (2007). Diagnóstico fitoclimático de la España Peninsular. Actualización y análisis geoestadístico aplicado. Tesis Doctoral.

GUISAN A. Y THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution; offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8 : 993-1009.

FRUTOS DE, A. OLEA, P. P. Y VERA, R., 2007. Analyzing and modelling spatial distribution of summering lesser kestrel: The role of spatial autocorrelation. *Ecological Modelling*, 200: 33-44

LINDENMAYER, D.B., H. P. POSSINGHAM, R. C. LACY, M. A. MCCARTHY AND POPE M. L. 2003. How accurate are population models ? Lessons from landscape-scale tests in a fragmented system. *Ecology Letters*. 6 : 41-47

MMA 1997-2006. Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50)

MMA, 2004. Atlas de las aves reproductoras de España.

MMA, 2007. Inventario Nacional de Biodiversidad. Banco de Datos de la Biodiversidad.

OTTAVIANI, D., G. L. LASIANO Y L. BOITANI. 2004. Two statistical methods to validate habitat suitability models using presence-only data. *Ecological Modelling*. 179: 417-443.

PIORECKY, M.D. Y PRESCOTT, D.R.C. 2006. Multiple spatial scale logistic and autologistic habitat selection models for Northern pygmy owls, along the eastern slopes of Alberta's Rocky Mountains. *Biological Conservation*, 129: 360-371.

SYARTINILIA, S. T. 2008. GIS-based modeling of Javan Hawk-Eagle distribution using logistic and autologistic regression models. *Biological Conservation*, 141: 756-769.

ZARRI, A.A., RAHMANI, A.R., SINGH, A. Y KUSHWAHA, S.P.S. 2008. Habitat suitability assessment for the endangered Nilgiri Laughingthrush: A multiple logistic regression approach. *Current Science*, 90: 1487-1494.

### Tablas y Figuras

*Tabla 1. Principales usos del suelo en las dos comarcas estudiadas y el conjunto de la zona de estudio según el MFE50*

	Total zona de estudio		Urbión		Alto Tajo	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%
No forestal arbolado	1553345	55.5	18704	14.6	30281	19.4
Forestal arbolado	1246635	44.5	109829	85.4	125992	80.6
Bosque coníferas	435377	15.5	62174	48.4	55474	35.5
Bosque frondosas	368955	13.2	8624	6.7	7288	4.7
Bosque mixto	442303	15.8	39031	30.4	63230	40.5
Total	2800000	100	128533	100.0	156273	100.0



Tabla 2. Ecuación y estadísticos del modelo de regresión para el gavián común en la zona de estudio.

<i>Accipiter nisus</i>						
	Df	Devianza residual	P Chi <sup>2</sup>	Cambio de devianza	P devianza	F
Intercept	279	190.145	0.480287			
B	278	182.007	0.477892	8.14	0.04	12.43
F	278	188.540	0.482547	1.61	0.01	2.37
C	278	186.383	0.479291	3.76	0.02	5.61
M	278	188.686	0.480937	1.46	0.01	2.15
ALT	278	183.004	0.484640	7.14	0.04	10.85
RUG	278	181.289	0.477443	8.86	0.05	13.58
TMED	278	178.547	0.804832	11.60	0.06	18.06
PVER	278	174.481	0.475556	15.66	0.08	24.96
B+RUG+PVER+B*RUG	275	165.681	0.476325	24.46	0.13	10.15
Y=-29.88+B*0.48+RUG*27.24+PVER*0.01-B*RUG*0.46 p<0.05						

Tabla 3. Ecuación y estadísticos del modelo de regresión para el abejero europeo en la zona de estudio.

<i>Pernis apivorus</i>						
	Df	Devianza residual	P Chi <sup>2</sup>	Cambio de devianza	P devianza	F
Constante	279	173.702	0.820789			
B	278	154.902	0.780352	18.80	0.11	33.74
F	278	160.941	0.835887	12.76	0.07	22.04
C	278	167.453	0.803401	6.25	0.04	10.38
M	278	172.997	0.820867	0.71	0.00	1.13
ALT	278	134.323	0.780352	39.38	0.23	81.50
RUG	278	143.773	0.723806	29.93	0.17	57.87
TMED	278	124.179	0.804832	49.52	0.29	110.87
PVER	278	114.382	0.710232	59.32	0.34	144.18
F+PVER+F*PVER	276	108.265	0.749298	65.44	0.38	55.61
Y=-8.28+F*0.12+PVER*0.05-F*PVER*78*10 <sup>-6</sup> p<0.05						

Tabla 4. Relación entre cuadrículas ocupadas y predicción de disponibilidad de hábitat según el modelo. Favorable (probabilidad &gt; 0.5) Posible (probabilidad &gt; 0.1 y &lt; 0.5) Desfavorable (probabilidad &lt; 0.1).

Habitat	<i>Accipiter nisus</i>		<i>Pernis apivorus</i>	
	Nº cuadrículas	% cuadrículas	Nº cuadrículas	% cuadrículas
Favorable	91	62.3	21	41.2
Posible	55	37.7	23	45.1
Desfavorable	0	0	7	13.7
Total	146	100	51	100



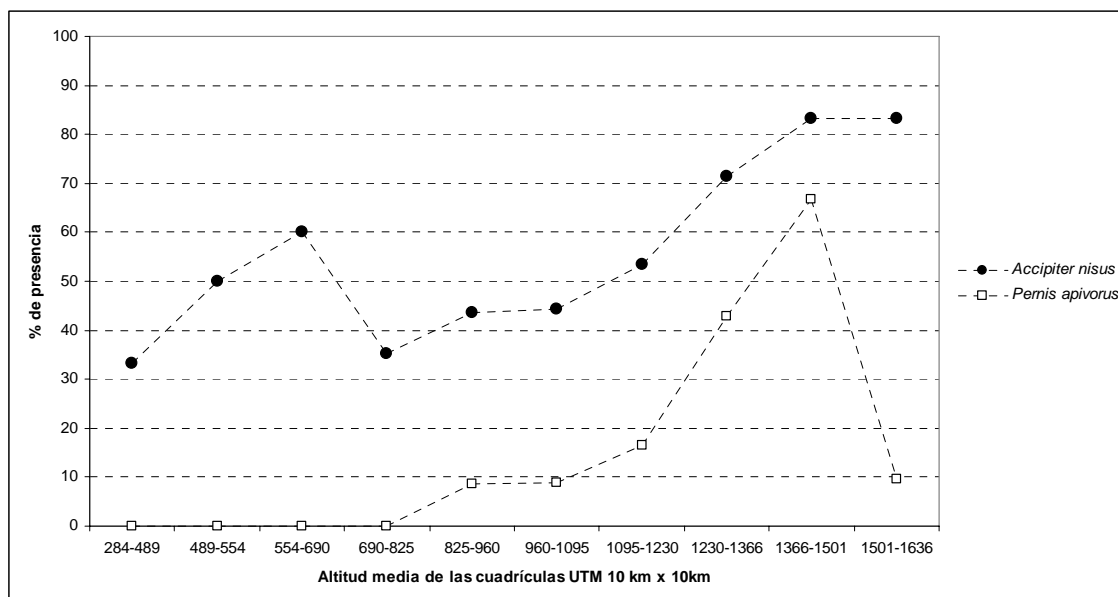


Figura 1. Ocupación de cuadrículas por parte de ambas especies en base a la altitud media

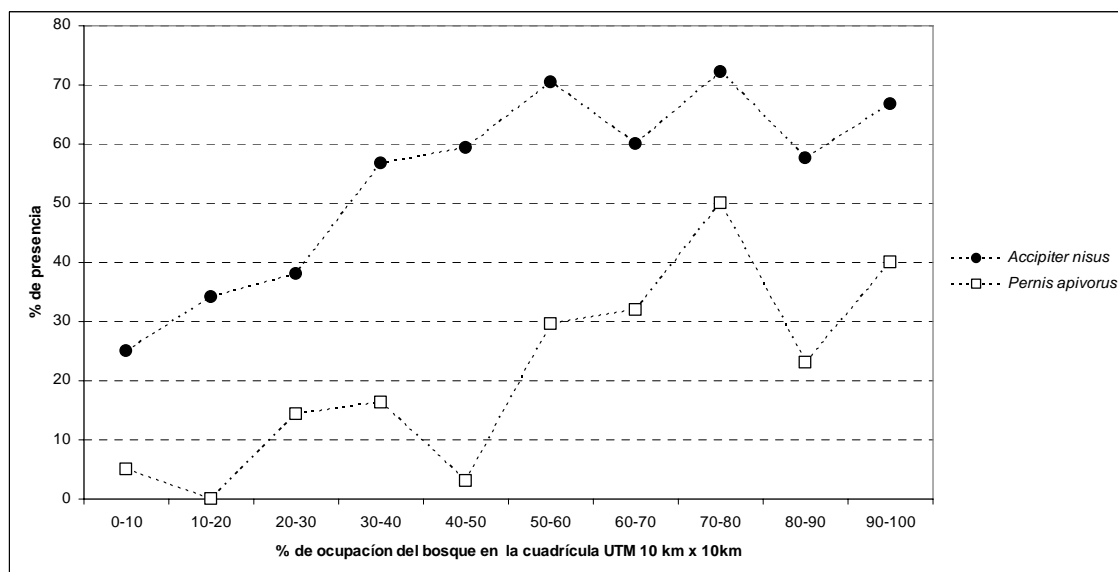


Figura 2. Ocupación de cuadrículas por parte de ambas especies en base al porcentaje de ocupación de bosque.

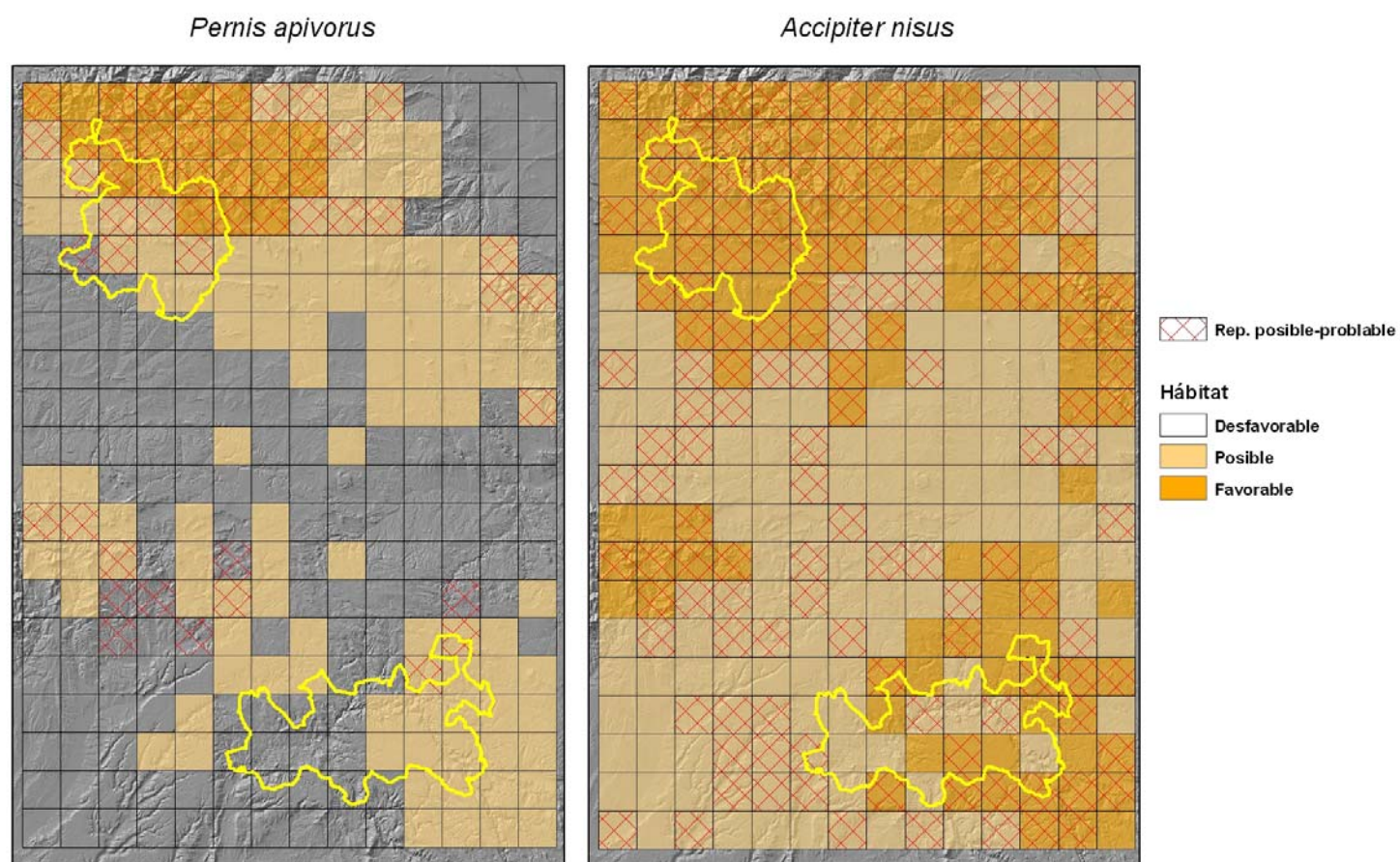


Figura 3. Distribución real de las dos especies en la zona de estudio (cuadrículas rayadas), y disponibilidad de hábitat según los modelos calculados (ver pie de la Figura 4 para la nomenclatura)