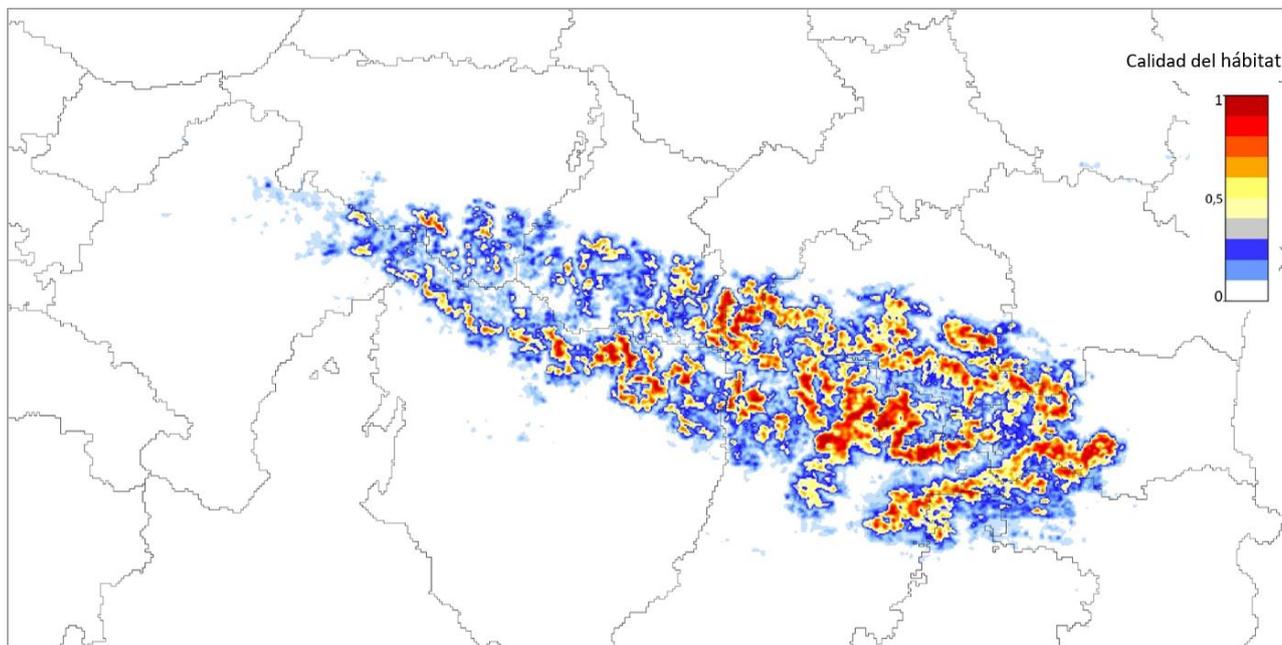


70Mochuelo boreal (*Aegolius Funereus*) - Abril 2018

Mapa de calidad de hábitat potencial de mochuelo boreal (*Aegolius Funereus*) en los Pirineos



Resumen

El mapa que se expone se ha desarrollado utilizando técnicas de modelización del hábitat que permiten establecer relaciones estadísticas entre información sobre la distribución de una especie e información ambiental de los puntos donde se ha registrado presencia de la especie, para posteriormente proyectar las relaciones encontradas al conjunto del área de estudio. El mapa obtenido representa un índice cuantitativo de las zonas que mejor representan en términos ambientales las áreas potenciales donde se puede encontrar la especie, por lo que permite identificar las áreas ambientalmente más idóneas para la especie en el macizo pirenaico. Este es un mapa que muestra la distribución general de las áreas potencialmente favorables para la especie, aglutinando las zonas de invernada y reproducción.

Biología de la especie

El mochuelo boreal es una especie boreal ampliamente distribuida en latitudes septentrionales de Eurasia y Norte América. En el centro y norte de Europa el mochuelo boreal ocupa básicamente bosques mixtos de coníferas y planifolios, mientras que en la vertiente sud de los Pirineos se encuentra únicamente en bosques de coníferas como abetales, bosques de pino negro y de pino albar entre 800 y 2200 m de altitud. En la vertiente norte se ha encontrado en hayedos y abedulares.

Esta especie habita en bosques subalpinos de coníferas así como en formaciones mixtas de perennifolios y caducifolios por encima de los 1500 m y siempre que las temperaturas medianas anuales se mantengan bajas. La especie selecciona bosques maduros, abiertos, con regeneración, claros de

bosque, abundancia de madera muerta y poco sotobosque (Dalmau & Mariné *in* Estrada et. al., 2004).

Información faunística de base

Procedencia de los datos / tipología de muestreo:

En el marco del proyecto HABIOS se ha generado una base de datos que recoge 714 observaciones georreferenciadas de *Aegolius funereus* proporcionadas por los diferentes socios del proyecto: 15 de Andorra, 68 de Aragón, 356 de Cataluña y 275 de Francia. De todos los datos recogidos, 407 se han utilizado para generar los modelos y 307 se han descartado por corresponder a observaciones anteriores a 2007. Las localizaciones consideradas en los análisis proceden de los socios de Andorra (15 registros), Aragón (32 registros), Cataluña (115 registros) y Francia (245 registros). La metodología de muestreo empleada para generar dichos datos va desde el censo de nidos hasta el registro de observaciones ocasionales pasando por los censos mediante escuchas.

Respecto a la temporalidad de los datos, para generar los modelos se han empleado registros de presencia obtenidos durante los diferentes períodos fenológicos de la especie, aunque la mayor parte de estos se concentran durante los períodos de apareamiento y reproducción. Concretamente, la distribución de las observaciones por meses es la siguiente: enero (11), febrero (109), marzo (42), abril (122), mayo (51), junio (22), julio (4), agosto (4), setiembre (6) y diciembre (1), habiendo 273 observaciones sin especificación del mes en que fueron realizadas.

Corrección de sesgos

Para corregir los sesgos geográficos introducidos en la base de datos a través de factores relacionados con la falta de estratificación ambiental de los métodos de muestreo empleados (ej., existencia de zonas con intensidad de muestreo mayor debido a su buena accesibilidad), la base de datos se ha sub-muestreado para generar una base de datos con distribución uniforme de las localizaciones. Con este fin, se han mapeado los datos de distribución de la especie sobre una malla de celdas UTM de 10x10 km, posteriormente se han seleccionado aleatoriamente solo dos localizaciones de cada celda generando dos sub-muestras, una para calibrar el modelo y la otra para validarlo. En aquellas celdas en las que solo se disponía de una observación de la especie, esta se ha incorporado en la sub-muestra de calibración del modelo. Así, el procedimiento se ha replicado hasta obtener 10 muestras de calibración (n=70) y evaluación/validación (n=47).

Información ambiental

Para el desarrollo del modelo predictivo de idoneidad de hábitat se han usado un conjunto de variables ambientales que incluyen parte de los factores que a priori se señalan como predictores importantes de la distribución de especies de aves con distribución alpina a diferentes escalas espaciales.

En la siguiente tabla se pueden observar las variables ambientales homogéneas utilizadas para todo el ámbito de los Pirineos, con sus respectivas fuentes:

FUENTE	NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE (resolución original)	PERÍODO DE TIEMPO
GLOBCOVER-ESA (MERIS)	<ul style="list-style-type: none"> • Bosques de coníferas • Áreas baldías 	Uso del suelo (300x300m)	2009-2012

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bosques de hoja ancha ▪ Cultivos de regadío ▪ Cultivo de árboles de secano ▪ Cultivo de secano ▪ Praderas ▪ Bosques mixtos de coníferas y hoja ancha ▪ Paisaje mosaico de cultivos y vegetación natural ▪ Paisaje mosaico de vegetación natural ▪ Humedal ▪ Hielo permanente ▪ Matorral ▪ Vegetación dispersa/ escasa ▪ Áreas urbanas ▪ Cuerpos de agua 		
WorldClim	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precipitación anual ▪ Precipitación acumulada en el período de cría ▪ T media anual ▪ T máxima anual ▪ T mínima anual ▪ T media en el período de cría 	Climática (1x1km)	1950-2000
Modis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobertura de nieve media mensual (capas separadas para los meses incluidos - enero, febrero, marzo, abril, noviembre, diciembre) ▪ Ratio de evapotranspiración 	Climática (5x5km) + evapotranspiración vegetal (0,0083°)	2000-2017
Biogeographical regions	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regiones biogeográficas 	Regiones biogeográficas de Europa (vectorial)	-
Global forest canopy height	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura del dosel del bosque 	Altura del dosel del bosque (1x1km)	2011
Calculado con análisis GIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Latitud, longitud 	Latitud y longitud (10x10km)	-
Gridded Population of the World (GPW), v4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de población 	Densidad de población	2015
Harmonized World Soil Database	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de suelos 	Mapa con tipos de suelo	-
ETOPO2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevación ▪ Pendiente 	Variables de relieve (0,03°)	2006

Debido a que las fuentes de información utilizadas ofrecen capas cartográficas con resoluciones geográficas heterogéneas, se han llevado a cabo análisis GIS para homogeneizar la resolución a 1x1 km. El mapa GLOBCOVER-ESA (MERIS) se ha transformado en tantos mapas ráster como unidades diferentes de uso del suelo presentes en su leyenda y la información cuantitativa sobre el recubrimiento de cada uso del suelo en cada píxel de 1x1 km se ha expresado como una proporción (valores entre 0 y 1).

Modelización estadística

El mapa expuesto muestra la media de los 10 modelos desarrollados con las 10 sub-muestras aleatoriamente generadas a partir de la información biológica original. Los modelos se han creado usando el método estadístico de la máxima entropía implementado a través del software Maxent (Phillips et al. 2006). El método establece relaciones estadísticas entre la información biológica disponible i la información ambiental de las zonas donde se encuentra la especie. Posteriormente estas relaciones se proyectan en el total del área de interés para la cual se dispone de información sobre las condiciones ambientales.

Evaluación y consideraciones ecológicas del modelo

Cada uno de los 10 modelos ha sido evaluado con una muestra de validación complementaria ($n=47$) obtenida de los datos que han quedado excluidos de cada sub-muestra de calibrado, y seleccionada al azar para excluir sesgos siguiendo el procedimiento expuesto en el apartado “Información faunística de base”.

El estadístico de evaluación utilizado ha sido el área bajo la curva ROC (AUC). Este estadístico varía entre 0,5 (el modelo no es capaz de diferenciar zonas con presencia de la especie mejor que un proceso aleatorio) i 1 (que indicaría un modelo con una capacidad de discriminación perfecta). La media de las 10 evaluaciones ha sido **0,98** (StDev=0,0038). Este valor nos indica que el modelo tiene una excelente capacidad para predecir la distribución de los datos reservados para validar el modelo.

La metodología usada tiene como principal objetivo predecir la distribución geográfica del hábitat adecuado para la especie en los Pirineos, más que explicar los factores ecológicos que condicionan esta distribución. No obstante, si los datos disponibles de la especie muestran una buena representatividad ambiental i geográfica, i se dispone de variables ambientales con un fuerte componente ecológico, las técnicas de modelización del hábitat permiten también llevar a cabo un análisis minucioso de la selección del hábitat por parte de la especie.

Interpretación del mapa

- **Interpretación:** Calidad del hábitat potencial de mochuelo boreal en los Pirineos.
- **Ámbito del modelo:** macizo Pirenaico.
- **Unidades del mapa:** Índice de calidad del hábitat que varía entre 0 (mínimo) i 1 (máximo). Las variaciones en este valor de calidad se representan en una paleta de colores que va del color blanco (baja calidad) al rojo (alta calidad).
- **Resolución:** 1x1 km. Con el fin de mejorar la interpretación visual de los modelos, el mapa final se presenta con una resolución de 500x500 m, otorgando a cada píxel el valor promedio de los 8 píxeles adyacentes.

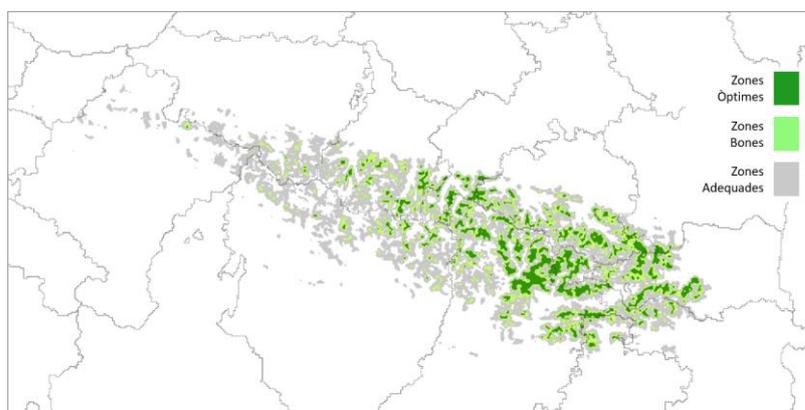
Identificación de las áreas relevantes para la especie

Para mejorar el uso de los modelos como herramientas de apoyo a la conservación de la biodiversidad y a la gestión del territorio resulta muy útil caracterizar la relevancia de las diferentes áreas ocupadas por las especies. Con este fin, se ha seguido la metodología descrita en Villero et al. (2016) para identificar tres niveles de áreas relevantes para la especie en base a su grado de calidad de hábitat: Zonas Adecuadas, Zonas Buenas y Zonas Óptimas.

Las Zonas Adecuadas se definen como las áreas con calidad del hábitat por encima de la media del 10% de localidades con presencia de la especie pero con peor calidad del hábitat según los modelos. Estas son áreas con calidad de hábitat baja donde la especie está presente de forma residual o con abundancias bajas. Las Zonas Buenas son las áreas que quedan por encima de la media de calidad del hábitat de las Zonas Adecuadas, son áreas donde la especie es frecuente o moderadamente abundante. Las Zonas Óptimas son las áreas que quedan por encima de la media de las Zonas Buenas y, por lo tanto, con las mejores condiciones ambientales dentro del ámbito estudiado, donde la especie puede ser muy abundante.

Los tres niveles de áreas relevantes se han definido en base a los siguientes umbrales de calidad del hábitat, y finalmente han resultado las siguientes superficies para cada área:

	Calidad de hábitat	Superficie (ha)
Zonas Adecuadas	0,162	728.007
Zonas Buenas	0,456	250.185
Zonas Óptimas	0,650	214.498
TOTAL		1.192.690



Limitaciones y perspectivas

En los ejercicios de modelización de la distribución de especies los factores clave para valorar las limitaciones de los resultados obtenidos y proponer mejoras se relacionan con la información utilizada en el proceso de construcción del modelo, tanto por lo que se refiere a la información sobre distribución de la especie como a las variables ambientales utilizadas.

En el caso del mochuelo boreal, la información sobre la distribución de la especie es escasa y heterogénea (datos de seguimiento de nidos, observaciones casuales, escuchas), existiendo una documentación limitada tanto de los ejemplares observados como de las localidades muestreadas. Para superar estas limitaciones y mejorar la cartografía obtenida sería interesante mejorar la calidad de la información sobre distribución de la especie con datos que, además de información sobre presencia, incluyan información de abundancia y demografía (ej. éxito reproductivo en nidos) de la especie.

En relación a las variables ambientales, dado que su definición se ha realizado en base al extenso fondo documental sobre la ecología de la especie en los Pirineos, se consideran suficientemente representativas para el análisis de la distribución de la especie a escala de paisaje. Por otro lado, la mejora de la calidad de la información biológica de base (datos de monitoreo y censos coordinados para todo el macizo, check-lists homogéneos de ciencia ciudadana, etc.) permitiría a su vez el desarrollo de análisis basados en variables predictivas más detalladas, incluyendo la sub-categorización de las tipologías de hábitats, la estructura y composición de las masas forestales o bien información fenológica de las formaciones vegetales procedente de sensores remotos.

Autores y colaboradores

Esta ficha ha sido elaborada por Laura Recoder y Dani Villero con la colaboración de David Guixé y Magda Pla, todos ellos trabajadores del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

HABIOS: Preservar los Hábitats de la Avifauna BIOindicadora de los Pirineos es un proyecto promovido por Gestión Ambiental Navarra, Gobierno de Aragón, Centre Tecnològic Forestal de

Catalunya, HAZI, Conselh Generau d'Aran, Observatoire des Galliformes de Montagne, Fédération Régionale des Chasseurs de Midi-Pyrénées, Fédération Régionale des Chasseurs de Pyrénées-Atlantiques Hautes-Pyrénées Haute-Garonne Ariège Pyrénées-Orientales, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, LPO y Association des Naturalistes de l'Ariège ; a su vez, se ha contado con Govern d'Andorra, Gipuzkoako Foru Aldundia y Arabako Foru Aldundia como socios asociados. Este proyecto se ha cofinanciado a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), mediante el programa Interreg-POCTEFA 2014-2020. Dentro del HABIOS, las acciones relacionadas con la modelización de la distribución de especies se han realizado por el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (Grupo de Ecología del Paisaje y Biología de la Conservación).

Bibliografia consultada

Dalmau-Ausàs, J. & Mariné, R. 2004. Mussol pirinenc *Aegolius funereus*. In Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.): *Atles dels ocells nidificants de Catalunya 1999- 2002*. Pp. 296–297. Barcelona: Lynx.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

Villero, D., Pla, M., Camps, D., Ruiz-Olmo, J., & Brotons, L. (2017). Integrating species distribution modelling into decision-making to inform conservation actions. *Biodiversity and Conservation*, 26(2), 251-271.