



Manual para la gestión del hábitat del
MOCHUELO BOREAL



Interreg
POCTEFA



Manual para la gestión del hábitat del
MOCHUELO BOREAL



habios

POCTEFA EFA079/15 HABIOS

“Preservar y gestionar los hábitats de la avifauna bioindicadora de los Pirineos”

Socios



Asociados



Cofinanciadores



Proyecto cofinanciado por el FEDER

Ha colaborado en esta edición



Autores: Jordi Camprodon, Ramón Jato, David Guixé, Enric Badosa y David Potrony.

Revisores: Jean-Claude Auria, Marta Domènech, Jordi Faus, Juan Fernández, Diego García-Ferré, Quentin Giry, Sébastien Laguet, Denis Pascal y Pierre Pola.

Fotografías: Jean-Claude Auria-ONF, Jordi Bas, Jordi Bermejo, CEINR, Jordi Dalmau, Quentin Giry, Jordi Guillén, Eudald Solà y los autores de los textos.

Dibujo a doble página: Toni Llobet.

Edita: Gobierno de Aragón y Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

Diseño y maquetación: © Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya .

Primera edición: mayo de 2020.

Depósito legal: L 622-2020.

ISBN: 978-84-09-23092-1.

Fotografías de portada y contraportada: Jordi Bermejo y Jean-Claude Auria.

Fotografías interiores a toda página: Jean-Claude Auria (p. 6), Jordi Guillén (p. 8), Enric Badosa (p. 22) y Jordi Bermejo (p. 55 y 60).

Impresión: Imprimeix S.L., Badalona.

Citación recomendada: Camprodon, J., Jato, R., Guixé, D., Badosa, E., Potrony, D. 2020. Manual para la gestión del hábitat del mochuelo boreal. Interreg POCTEFA Habios. Edita Gobierno de Aragón y Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.

Agradecimientos

Un reconocimiento muy especial para todas las personas que han participado aportando datos imágenes y comentarios, prestando su apoyo logístico o revisando textos: Iosu Antón, Jean-Claude Auria, Jordi Bas, Jordi Bermejo, Àngel Bonada, Jordi Dalmau, Marta Domènech, Miguel Elósegui, Jordi Faus, José María Fernández, Juan Fernández, Xavier Florensa, Anna Gallés, Diego García-Ferré, Jordi García-Petit, Quentin Giry, Pepe Guillén, Jordi Guillén, Bea Iraburu, Sébastien Laguet, Raimon Mariné, Ramon Martínez-Vidal, Denis Pascal, Pierre Pola, Eudald Solà, Ignasi Torre y Albert Vila. Una mención especial para Laura Recorder, Dani Villero y Magda Pla que elaboraron el mapa de abundancias y trataron los datos Lidar con las observaciones de la especie, para Quim Canelles, que proporcionó datos de los modelos de idoneidad climática y para Àngela Muntada, por el diseño y maquetación. Un agradecimiento también para los propietarios de los montes, a los naturalistas y empresas ambientales y a los técnicos y responsables de la gestión forestal de la Office National des Forêts, de l'Office National de la Chasse et la Faune Sauvage, del Govern d'Andorra, del Gobierno de Aragón, del Nafarroako Gobernua, del Eusko Jaurlaritza, de la Sub-direcció General de Boscos y de la Sub-direcció General de Biodiversitat i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, de los parques naturales de l'Alt Pirineu, Cadí-Moixeró y Capçaleres del Ter i del Freser, del Conselh Generau d'Aran, y del Consorci d'Espais d'Interès Natural del Ripollès (CEIN), que velan por la gestión sostenible de los bosques y la conservación de la biodiversidad pirenaica.



Contenidos

Capítulo 1. Biología y ecología del mochuelo boreal	9
1.1 Distribución y estado poblacional	9
1.2 Habitat	11
1.3 Nidificación	13
1.4 Alimentación	17
1.5 Depredadores	18
1.6 Movilidad	19
1.7 Problemáticas principales	20
Capítulo 2. Aspectos importantes en el hábitat del mochuelo boreal a diferentes escalas de gestión	23
2.1. Aspectos importantes a escala de paisaje o monte	23
2.1.1. Importancia de la escala de monte	23
2.1.2. Rango altitudinal y topografía	25
2.1.3. Exposición y pendiente	26
2.1.4. Fragmentación, mosaicidad, caminos, ecotonos, canchales y usos ganaderos	27
2.1.5. Conectividad	28
2.2. Aspectos importantes a escala de parcela o rodal	29
2.2.1. Estrato arbóreo. Parámetros forestales	29
2.2.2. Presencia de claros	33
2.2.3. Madera muerta	35
2.2.4. Estratos arbustivo y herbáceo	36
2.3. Aspectos importantes a escala de árbol	37
2.3.1. Parámetros del árbol	37
2.3.2. Parámetros del nido	38
Capítulo 3. Gestión forestal favorable al mochuelo boreal	39
3.1. Planificación general	39
3.2. Gestión en áreas críticas y lugares de reproducción	39
3.3. Gestión forestal a escala de paisaje	41
3.4. Gestión forestal a escala de rodal	45
3.5. Gestión forestal a escala de árbol-nido	450
Referencias	58



Capítulo 1. Biología y ecología del mochuelo boreal



Figura 1. Mochuelo boreal en un pino negro en Aransa (Cerdanya). Autor: David Potrony.

1.1. Distribución y estado poblacional

El mochuelo boreal es una especie ampliamente distribuida por la franja de bosques boreales del hemisferio norte (Cramp, 1984; Mikkola, 1983). En Europa, se distribuye también de manera heterogénea por diversas cordilleras montañosas forestales y en el extremo meridional de su distribución se localiza en la Península Ibérica, Grecia y Turquía (Hagemeijer y Blair, 1997; Díaz et al., 1999), teniendo el límite de su área de distribución europea en los Pirineos (figura 1).

En la cordillera pirenaica, la distribución actual del mochuelo boreal abarca el Pirineo axial y el Prepirineo, aunque no se pueden descartar posibles poblaciones en la Cordillera Cantábrica, donde han aparecido citas esporádicas de la especie. Hasta el momento se ha citado en las áreas pirenaicas de Cataluña, Aragón y Navarra. La especie se encuentra también bien distribuida en el Principado de Andorra y en toda la vertiente francesa del Pirineo (figura 2).

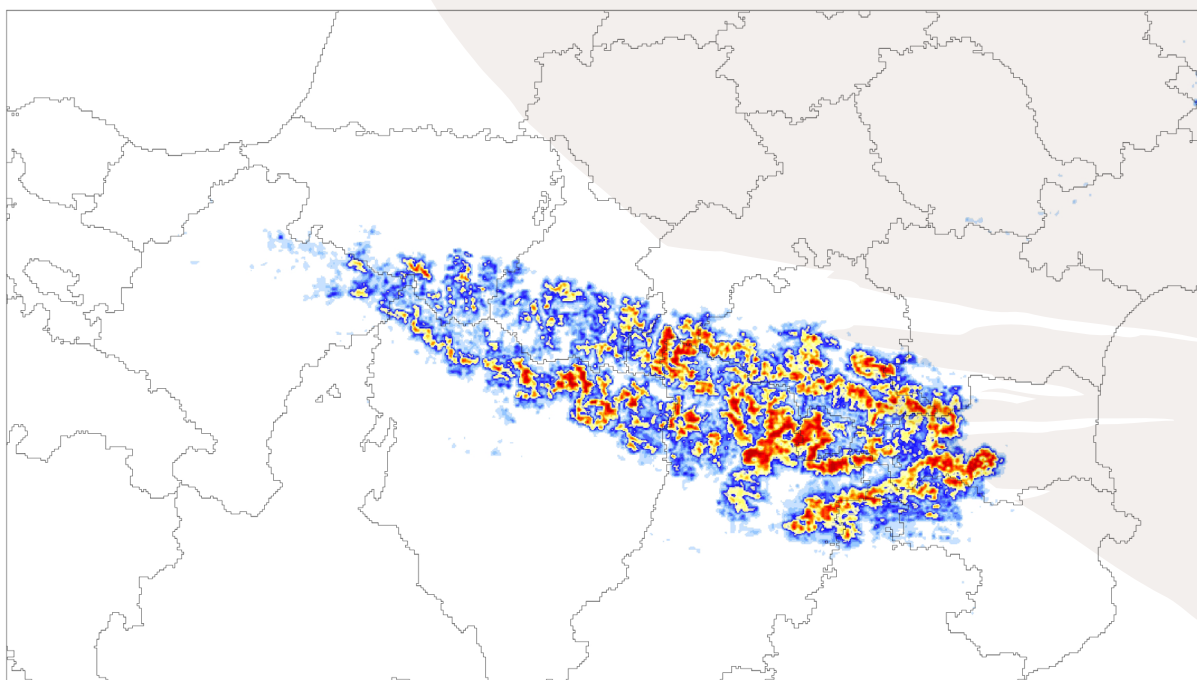


Figura 2. Mapa de calidad de hábitat potencial de mochuelo boreal en los Pirineos (Recoder y Villero 2018). Se ha desarrollado utilizando técnicas de modelización del hábitat que permiten establecer relaciones estadísticas entre información sobre datos de distribución de la especie e información ambiental, para posteriormente proyectar las relaciones encontradas al conjunto de la cordillera. 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. Unidades del mapa: Índice de calidad del hábitat que varía entre 0 (mínimo) y 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.

La primera cita de mochuelo en los Pirineos es la de Bleach (1892), donde se describe sin lugar a dudas, esta especie conocida en el Pirineo catalán como òliba calçada (“lechuza calzada”). Desde entonces la especie paso desapercibida para la ciencia hasta el 1963, cuando Van der Vloet (1964) encontró un nido en Font Romeu.

A finales de los años 60, el mochuelo boreal empezó a incluirse en los trabajos de ornitología ibérica (Bernis, 1966-1971), aunque con un desconocimiento absoluto de su fenología y de su estatus poblacional. En el año 1981 la especie continuaba siendo muy desconocida (Maluquer, 1981) y se dudaba de su reproducción segura en los Pirineos. En el pirineo catalán no fue hasta los años 80 cuando se publicó el primer trabajo sobre la especie, fruto de una investigación más o menos constante (Alamany, 1988, 1989). Como resultado de este estudio se concluyó que en la Península Ibérica había entre 29 y 32 parejas de mochuelo boreal.

Prodon et al. (1990) publicaron una revisión de los datos existentes hasta el momento sobre la presencia de la especie en las dos vertientes de los Pirineos. Hasta aquella revisión se conocían unos 120 territorios, cifrándose en aquel entonces, la población pirenaica en unas 300 parejas.

Desde el año 1990 hasta la actualidad, distintos equipos han continuado trabajando con esta especie en distintas zonas del pirineo. La suma de las informaciones aportadas por estos equipos nos permite establecer, a día de hoy, el número de territorios conocidos, entorno a los 360 en todo el Pirineo (tabla 1). Otras estimaciones a escala pirenaica hablan de entre 500 y 600 territorios (Prodon et al., 1990; Mariné y Dalmau, 2000).

Tabla 1. Territorios conocidos de mochuelo boreal en los Pirineos.

Región pirenaica	Territorios conocidos
Andorra	27
Aragón	54
Cataluña	144
Francia	128
Navarra	9
Total Pirineos	362

Como unidad de censo para esta especie, se utiliza el “territorio”. Cada territorio es regentado por un macho que lo ocupa durante todo el año. Cada temporada de cría, intentará atraer hasta él a alguna hembra. Cualquier indicio de cría o escucha positiva que persista en la misma zona, durante varias temporadas de cría, se puede considerar un territorio. Es importante destacar que, en diversas ocasiones, se ha podido constatar la reocupación de territorios después de la muerte del macho. Esto explicaría la persistencia de territorios históricos desde hace más de 30 años.

1.2. Habitat

El mochuelo boreal es un ave estrictamente forestal. En el Paleártico habita sobretudo bosques de coníferas de abeto rojo (*Picea abies*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), pino negro (*Pinus uncinata*) y abeto (*Abies alba*) (figura 3). También se encuentra en formaciones mixtas de las anteriores coníferas con frondosas (figura 4), como el abedul (*Betula pendula*), el haya (*Fagus sylvatica*) y el álamo temblón (*Populus tremula*). En Siberia se le ha descrito también en bosques caducifolios de ribera.

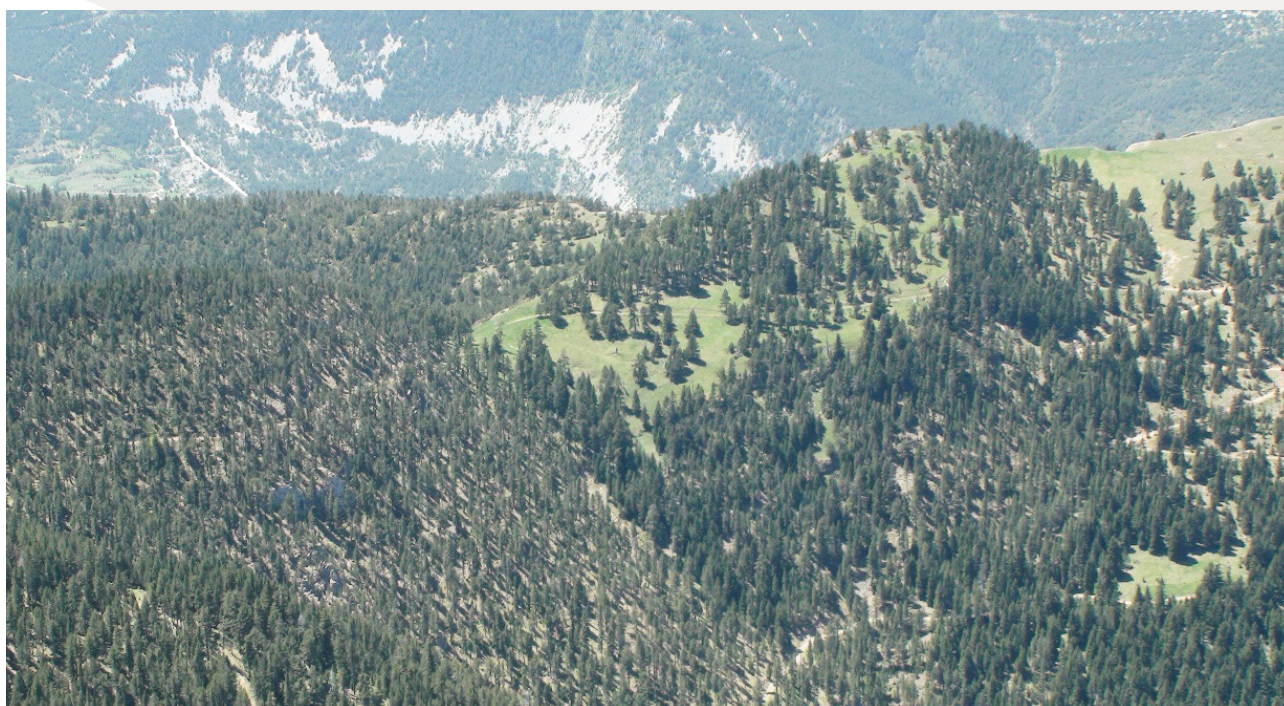


Figura 3. Hábitat del mochuelo boreal en zonas de alta montaña del Pirineo oriental meridional. Bosques subalpinos de pino negro. Serra del Verd. Autor: David Guixé.



Figura 4. Hábitat del mochuelo boreal en zonas de alta montaña de la vertiente norte de los Pirineos. Abetales, hayedos y sus formaciones mixtas. Parc naturel régional Pyrénées Ariégeoises. Autor: Quentin Giry.

Mucho más que el tipo de bosque, existen tres factores de suma importancia en su distribución. Uno es la temperatura mediana de los meses más cálidos. En Catalunya el 100 % de los territorios conocidos se encontraban por encima de la isoterma ($< 18^{\circ}\text{C}$) de temperatura máxima mediana del mes de julio (Mariné et al. 2003). Otro es la existencia de cavidades donde nidificar, preferiblemente de picamaderos negro (*Dryocopus martius*) y por último la disponibilidad de presas para alimentarse (figura 6). En la vertiente sur de los Pirineos catalanes, el 64 % de la distribución del mochuelo boreal coincide con la del picamaderos negro según los modelos de abundancia (proyecto Cartobio-CTFC). Si nos fijamos sólo en las áreas que el modelo predice como óptimas (figura 5), entonces el porcentaje de coincidencia sube hasta el 77 %.

La figura 5 muestra un modelo de la relevancia de las diferentes áreas ocupadas por la especie en base al grado de calidad de hábitat (Recoder y Villero, 2018). Se observa como las zonas más óptimas se distribuyen por el Pirineo central y oriental.

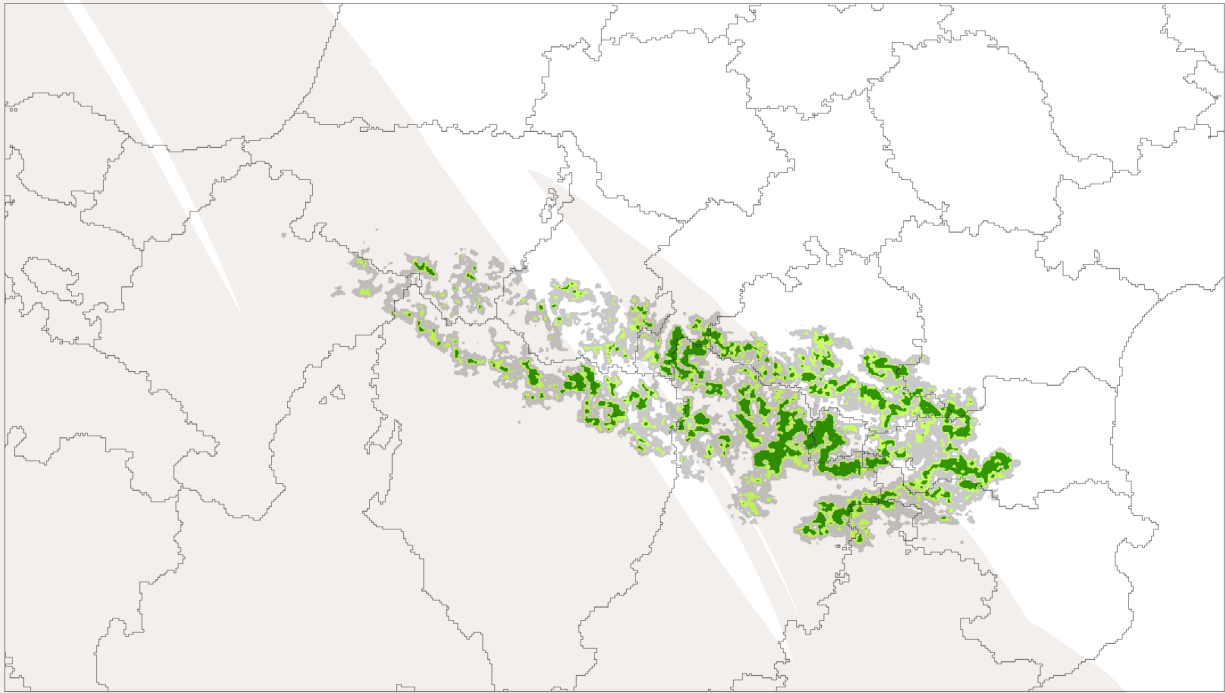


Figura 5. Identificación de las áreas relevantes para el mochuelo boreal en los Pirineos. Las Zonas Adecuadas (728.007 ha, 61 %) se definen como las áreas con calidad del hábitat por encima de la media del 10 % de localidades con presencia de la especie, pero con peor calidad del hábitat según los modelos. Estas son áreas con calidad de hábitat baja donde la especie está presente de forma residual o con abundancias bajas. Las Zonas Buenas (250.185 ha, 21 %) 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 (214.498 ha, 18 %) 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 (Recoder y Villero, 2018).

1.3. Nidificación

El mochuelo empieza el celo en pleno invierno (tabla 2). Los machos territoriales empiezan a cantar en diciembre, siendo muy activos entre este mes y marzo. En años buenos para la reproducción, algunos pueden cantar hasta el mes de junio. Las hembras son nómadas y los machos acostumbran a ser territoriales lo que significa que los machos dominantes defienden un territorio a lo largo de su vida, mientras que las hembras y los jóvenes de primer año se desplazan cada temporada de cría en busca de territorios donde haya una abundancia de pequeños mamíferos de los que se alimentan (Korpimäki y Hakkarainen, 2012). No obstante, se ha observado en Bélgica como los machos pueden agregarse (Sorbi, 2013). Probablemente los machos jóvenes se desplacen a territorios mejores cuando pasan a ser dominantes (S. Laguet, com. pers.).

Tabla 2. Cuadro fenológico del mochuelo boreal en los Pirineos. Original de David Potrony.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Canto del macho	■	■	■	■								■
Incubación 26-28 días		■	■	■	■	■	■					
Pollos nido 29-36 días			■	■	■	■	■	■				
Emancipación 3 meses					■	■	■	■	■	■	■	
Dispersión de las hembras	■	■	■					■	■	■	■	■

El mochuelo boreal cría en cavidades en los troncos de los árboles construidas por pícidos principalmente, en pinares de pino negro o pino silvestre y en hayedo-abetales y sus formaciones puras (ver capítulo 2). Por otro lado, esta ave ocupa muy bien las cajas-nido. Según López et al. (2010) ocupan cajas-nido en bosques con poca pendiente y preferentemente orientados al norte y noroeste, evitando las orientaciones en solana. Además, la probabilidad de ocupación de una caja-nido es mayor si ha sido ocupada en años anteriores o hay territorios cercanos.



Figura 6. Interior de dos nidales con puesta y pollos. En ambos casos les acompañan su presas, *Apodemus* sp. Fotos: Jordi Guillén.

La incubación dura entre 26 y 28 días (Estrada et al, 2004; Korpimäki y Hakkarainen, 2012), por lo que las primeras puestas se realizan ya a finales de marzo (la fecha más precoz constatada en los Pirineos es del 15 de febrero, J.-C. Auria, com. pers.), pero la mayoría serán puestas en abril, mayo y junio. El número de huevos por puesta en los Pirineos surorientales (Cerdanya-Alt Urgell) es de 4,4 huevos (n=41 puestas), siendo el máximo 7 y el mínimo 2 (figura 6). En el Pallars Sobirà (Pirineos centrales), el tamaño medio de puesta fue de 3,8 huevos (n=39 puestas). El rango de tamaño de puesta en esta población varió entre 1 y 10 huevos, si bien en este último caso posiblemente se tratase de dos puestas diferentes. La puesta varía enormemente según el año (figuras 8 y 9). En las cajas-nido, el número de huevos por puesta es mayor que en las cavidades naturales (López et al., 2010), probablemente a causa del mayor espacio de las cajas-nido respecto a las cavidades naturales (figura 7).



Figura 7. Mochuelo criando en una caja nido de madera y en vieja cavidad excavada por picamaderos negro. Autores: David Potrony y Jean-Claude Auria.

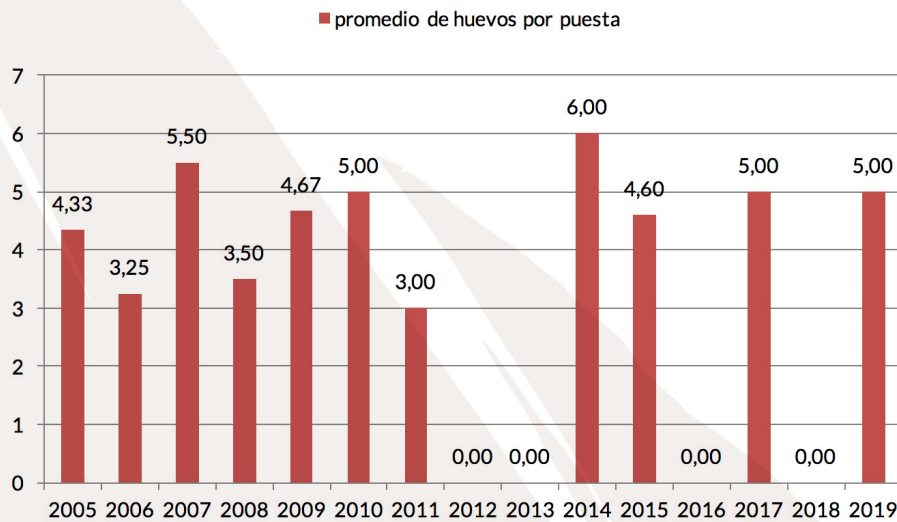


Figura 8. Promedio de huevos por puesta y año del mochuelo boreal criando en nidos naturales y nidales en los Pirineos surorientales (Cerdanya-Alt Urgell). El esfuerzo de prospección es el mismo para todos los años. Fuente: D. Potrony y E. Badosa, datos inéditos.

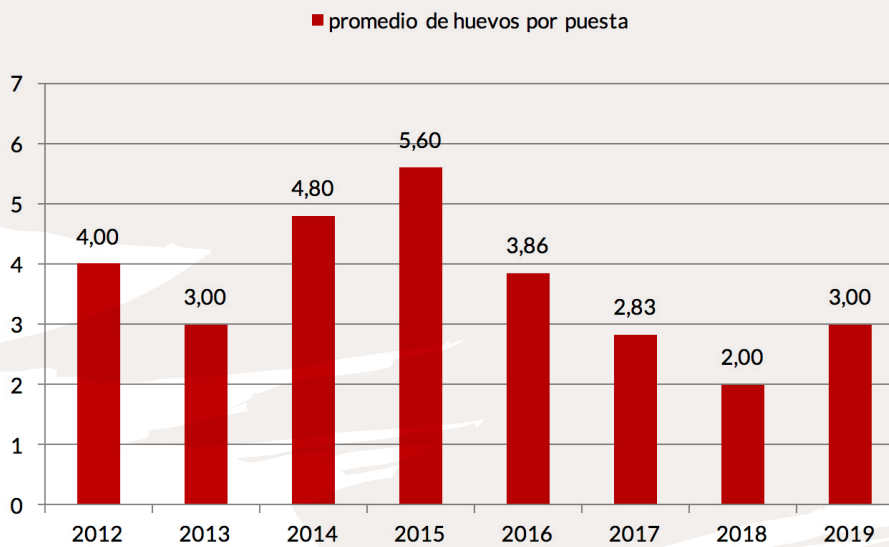


Figura 9. Promedio de huevos por puesta y año del mochuelo boreal criando en nidales en los Pirineos centrales (Pallars Sobirà). El esfuerzo de prospección es el mismo para todos los años. Fuente: J. Fernandez y J. Guillén, datos inéditos.

La temporada de cría es muy dilatada en el tiempo, desde finales de febrero, pero, más habitualmente, finales de marzo a mediados de agosto en la vertiente sur y de mediados de febrero a mediados de julio en los Pirineos atlánticos. Las campañas de anillamiento en las poblaciones surorientales empiezan a finales de abril, cuando ya se encuentran las primeras hembras incubando o con pollos de pocas semanas, con un máximo de hembras incubando o con pollos jóvenes en mayo (figura 10). Los primeros pollos se han encontrado ya el 24 de abril y los últimos el 2 de agosto, aunque la mayoría se encuentran en junio y julio. Los pollos permanecen en el nido entre tres y cuatro semanas (Korpimäki y Hakkarainen, 2012).

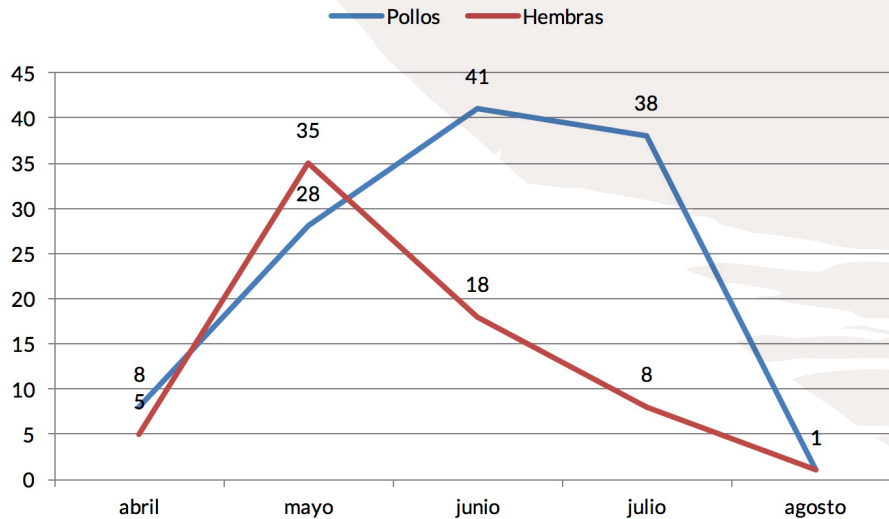


Figura 10. Pollos y hembras en nido anillados segun el mes del año en los Pirineos surorientales (Cerdanya-Alt Urgell), entre 2005 y 2019. Fuente: D. Potrony y E. Badosa, datos inéditos.

El promedio de pollos por nido en los Pirineos surorientales es de 3,6 (n=32 nidos), siendo el mínimo 1 y máximo 6. En los Pirineos centrales, el número medio de pollos por nido fue de 2,5 (n= 41 nidos). Igual que el número de huevos, el número de pollos, las hembras anilladas y el promedio de pollos voladeros por hembra varía enormemente en función del año (figuras 11 y 12).

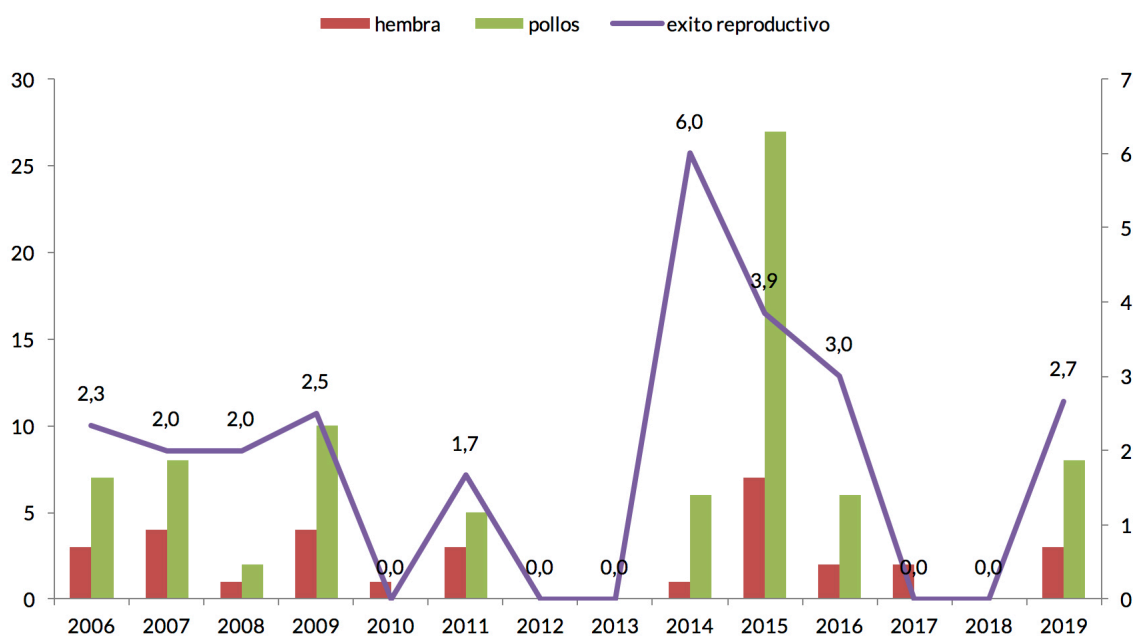


Figura 11. Número de hembras y pollos anillados y éxito reproductivo (pollos voladeros, eje de la derecha) desde 2006 a 2019 en los Pirineos surorientales (Cerdanya-Alt Urgell). Fuente: D. Potrony y E. Badosa, datos inéditos.

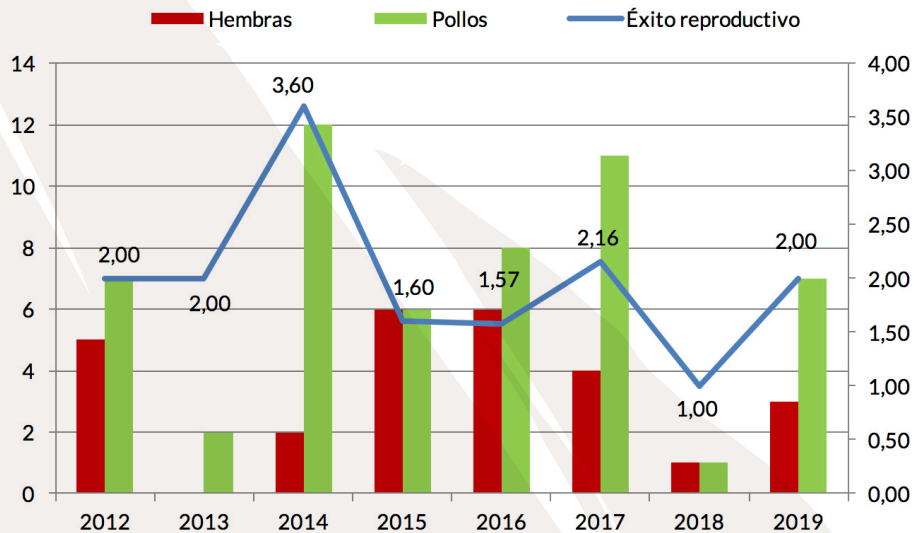


Figura 12. Número de hembras y pollos anillados y éxito reproductivo (pollos volanderos, eje de la derecha) entre 2012 y 2019 en los Pirineos centrales (Pallars Sobirà). Fuente: J. Fernández y J. Guillén, datos inéditos.

1.4. Alimentación

El mochuelo boreal se alimenta de aves y mamíferos, incluso insectos. De todas formas, la dieta principal está compuesta de pequeños mamíferos, básicamente roedores (múridos y micrótidos, figura 13) (Korpimäki y Hakkarainen, 2012; Robion, 2012). La dieta de esta ave está muy estudiada en Escandinavia (Jäderholm, 1987; Korpimäki, 1988), en los Alpes (Joveniaux y Duran, 1987; Ravussin et al., 2001, 2016) y en Norteamérica (Hayward, 1993). También hay trabajos en los Balcanes (Rajkovic, 2018). En los Pirineos hay pocos estudios sobre la dieta del mochuelo boreal; en la parte francesa, el 59 % de las presas estudiadas son ratones del género *Apodemus* y topillo agreste (*Microtus agrestis*), el 7 % topillo rojo (*Myodes glareolus*) y el 10 % diferentes especies de musaraña (29 presas de 15 egagrópilas, según Duchateau, 2013). En Navarra recientemente se ha certificado la cría de esta especie, y también se apunta la abundancia de roedores en su dieta, sobretodo topillo rojo y ratones del género *Apodemus* (Ibáñez et al., 2020). Los dos estudios relacionan la abundancia de pequeños mamíferos con el fructificación de hayas en el año anterior. En el caso del Pirineo Catalán, el mochuelo boreal es monitorizado en bosques de pino negro (*Pinus uncinata*) y abeto (*Abies alba*), por lo que no se ha encontrado la relación con los hayucos.



Figura 13. Presas acumuladas en nidal en pinar de pino negro por macho de mochuelo boreal pertenecientes a 5 especies diferentes de topillo: *Clethrionomys glareolus*, *Chionomys nivalis*, *Microtus arvalis*, *M. agrestis* y *M. gerbei*. Bosque de Aránser, La Cerdanya, Pirineo oriental. Autora: Anna Gallés.

En el Pirineo catalán, se ha relacionado los datos de anillamiento y seguimiento de la reproducción (número de hembras capturadas, pollos anillados, pollos/hembra) y el número de pequeños mamíferos (roedores e insectívoros), encontrados en el seguimiento del proyecto SEMICE, Seguimiento de los pequeños mamíferos comunes de España (figura 14). Para ello se han utilizado los datos de la comarca de l'Alt Urgell y la Cerdanya, así como los datos de la estación de SEMICE más cercana, la de Talltendre (estación que sólo tiene datos desde 2011). Claramente las hembras no crían en años que el número de pequeños mamíferos es muy bajo. Por el contrario, lo hacen en los que estos abundan; pero parece ser con un año de retraso con respecto al pico de pequeños mamíferos. También sucede lo mismo con el número total de pollos. En cambio, el número de pequeños mamíferos tiene un efecto inmediato en el éxito reproductivo (pollos/hembra), durante el mismo año (figura 14).

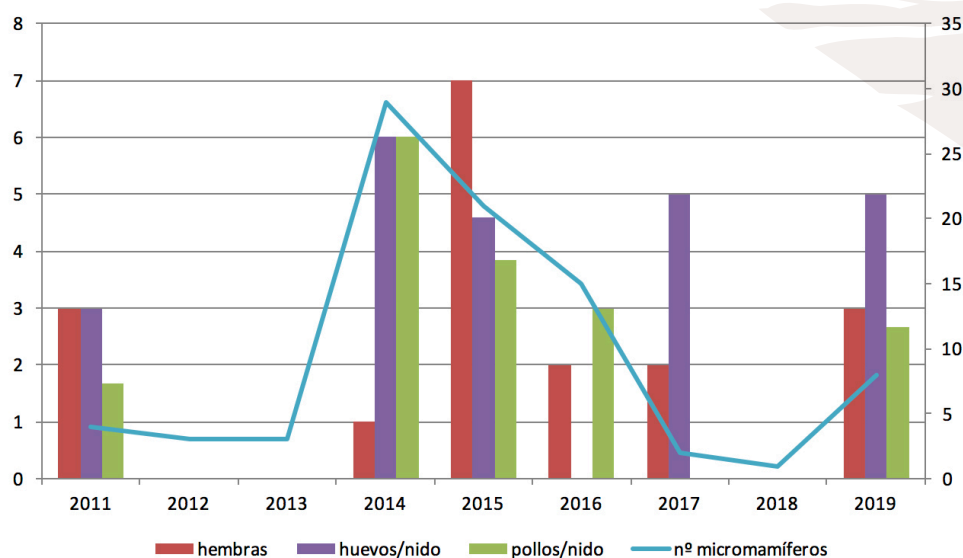


Figura 14. Variables del seguimiento de la reproducción del mochuelo boreal y la información del proyecto SEMICE (desde 2011 a 2019). Fuente: D. Potrony y E. Badosa, datos inéditos.

1.5. Depredadores

Entre las aves de presa, los peores enemigos del mochuelo boreal son el búho real (*Bubo bubo*), el cárabo uralense (*Strix uralensis*) y el azor (*Accipiter gentilis*). No es raro encontrar al mochuelo entre sus presas (Korpimäki y Sulkava, 1987; Korpimäkiet al., 1990; Tornberg et al, 2005). La presencia de cárabo uralense reduce la densidad de los nidos de mochuelo y aumenta el fracaso de los intentos, aunque el mochuelo sólo supone el 0,2 % de sus presas, por lo que hay una competencia por las presas y cavidades de nidificación (Korpimäki y Hakkarainen, 2012). En los Pirineos el papel del cárabo uralense, ausente en el sur de Europa, es posible que lo desempeñe el cárabo común (*Strix aluco*), aunque carecemos de información concreta al respecto. En años de abundancia de presas se han observado casos de reproducción del cárabo cerca del mochuelo boreal (P. Pola, com. pers.).

Por otro lado, la marta (*Martes martes*) es un depredador generalista que depreda esporádicamente o con frecuencia al mochuelo boreal (De Marinis y Masseti, 1995; Ravussin et al., 2015), hasta llegar a ser el principal depredador (López et al., 2010). Normalmente depreda los huevos, pollos y cuando puede, hembras (Baudvin et al., 1985; Marchesi y Mermod, 1989; J. C. Auria, com pers.). En el Pirineo, las cavidades naturales son más depredadas que las cajas-nido, 50 % versus 15 % (López et al., 2010); no así en el Jura (Henrioux, 2012), lo que conduce a pensar que las medidas antidepredatorias de los nidales son determinantes. De todas formas, se ha constatado una vez, una pollada muerta por un pícido en el Alt Urgell, muy probablemente por pico picapinos (*Dendrocopos major*) (figura 15).



Figura 15. Pollos muertos dentro de una caja-nido, posiblemente por el ataque de un pico picapinos.
Foto: Enric Badosa.

1.6. Movilidad

La dispersión post-natal está bien estudiada en Finlandia; de 4.443 recuperaciones de 89.829 anillamientos, la dispersión mediana de los machos fue de 19 km (máximo 382 km) y en las hembras fue de 110 km (máximo 588 km) (Korpimäki et al., 1987; Saurola, 2002). Hay una evidencia que las hembras son capaces de dispersarse más que los machos en su primer año de vida, desde que abandonan el nido y su primer lugar de cría (figura 16).



Figura 16. Joven volandero de mochuelo boreal en los Pirineos atlánticos. Autor: Jean-Claude Auria.

Además, la dispersión después de la cría es mayor o menor en función de la abundancia de topillos (Korpimäki y Hakkarainen, 2012). Según estos autores, los machos fineses se dispersan menos cuando los topillos abundan (0,8 km de media) y un poco más cuando escasean (1,3 km de media). Las hembras se dispersan muchísimo más, teniendo un comportamiento nomádico, cuyos movimientos pueden abarcar entre unos pocos y 400 kilómetros, pudiendo llegar a distancias superiores, por ejemplo de 787 km en Alemania (Gerber y Bassin, 2001).

En los Pirineos se han anillado pocos ejemplares (figura 17), pero aun así se ha detectado el desplazamiento de varias hembras en diferentes épocas de cría: una se desplazó 1,8 km en la Cerdanya; otra 24 km entre Andorra y la Cerdanya y otra capturada y anillada en Sahún (Huesca) fue recapturada 333 días más tarde en Setcases (El Ripollès) a 216 km (Badosa et al., 2007). Sin embargo, posiblemente no en todas las poblaciones la movilidad o los desplazamientos sean tan grandes y los pocos datos de recapturas del Pallars Sobirà podrían evidenciar una cierta filopatría en los pollos hembra y una cierta querencia de las hembras por ciertos sectores. Un hembra marcada como pollo en 2014 fue recapturada criando en el 2016 en una caja situada a 166 metros de donde nació. Se tienen datos de otras dos hembras más recuperadas. La primera, marcada en el 2015 fue recuperada el 2016 (a 1,8 km de la localización anterior) y el 2017 (a 446 m del nido del 2016 y a 1,5 km del nido del 2015). Todas las localizaciones corresponden al mismo bosque. Por último, la segunda fue marcada el 2016 criando en una caja y fue recapturada en el 2018 criando en otra caja-nido del mismo bosque situada a 565 m. No se tienen controles externos para los 84 ejemplares anillados en el Pallars Sobirà (Pirineos centrales) entre el 2012 y el 2019 (J. Fernández y J. Guillen, datos inéditos).



Figura 17. Anillado de mochuelo boreal capturado en su refugio. Para ello se disponen de los permisos administrativos necesarios. Durante el proceso se toman todas las precauciones, entre ellas minimizar el tiempo de manipulación, para que el ave no sufra ningún daño. La Cerdaña. Autor: Enric Badosa.

1.7. Problemáticas principales

El mochuelo boreal, es una especie muy ligada a los boques boreales maduros y hay evidencias que el declive de estos está relacionado con el declive las poblaciones de mochuelo boreal (Korpimäki y Hakkarainen, 2012). Los bosques maduros son un hábitat que proveen al mochuelo de protección frente a la competencia y depredación. Las poblaciones en toda Europa están en declive (en Finlandia entre un -2,1 y un -2,3 por año). Por consiguiente, la gestión forestal también influye en que el hábitat sea el adecuado o no para la especie (Mariné y Dalmau, 2000).

Una de las principales amenazas que afecta a las poblaciones pirenaicas de mochuelo boreal, es el desconocimiento de su presencia hasta tiempos muy recientes. Este hecho ha provocado un déficit en la gestión, derivado de la falta de planificación en los aprovechamientos forestales realizados hasta el momento, sin integrar criterios de conservación en función de la presencia de esta especie hasta tiempos recientes, permitiendo así, la tala

de árboles que le ofrecían cavidades esenciales para su reproducción y limitando sus posibilidades de cría. Si faltan las cavidades de picamaderos negro pueden ocupar las cavidades de pico picapinos aunque las reducidas dimensiones de estas cavidades parecen tener repercusiones negativas en la productividad de la especie (Dalmau et al. 2000). Por otro lado, estos nidos son muy difíciles de depredar por parte de una marta por lo angosto del agujero.

La densidad de cavidades es un factor primordial para la conservación de la especie en los Pirineos. El mochuelo boreal suele ocupar una cavidad distinta cada año, para así evitar parásitos y la depredación, sobre todo por parte de la marta (*Martes martes*) y de la garduña (*Martes foina*) (Korpimaki, 1981; Sonerud, 1985). La ocupación de una misma cavidad en años consecutivos incrementa el riesgo de depredación, sobre todo de los pollos y más raramente de los adultos (Sonerud, 1985). La tasa de depredación en Cataluña es muy elevada, rondando en ocasiones el 70 % (Mariné y Dalmau, 2001; Dalmau et al., 2000), hecho que puede relacionarse con la baja disponibilidad de cavidades existente.

Otra amenaza palpable está relacionada con el hecho que el mochuelo boreal se encuentra, en los Pirineos, en el extremo meridional de su distribución paleártica. El ave está adaptada a un clima de frío extremo, motivo por el que sufre un estrés fisiológico asociado a las altas temperaturas estivales (Hayward et al., 1993). Los modelos de proyección futura de escenarios de cambio climático apuntan a una reducción de superficie de idoneidad climática para el pino negro en los Pirineos catalanes entre el 14 y el 22 % a 50 años vista y entre el 28 y el 51 % a 90 años vista (Q. Canelles, Ecoland Lab, datos inéditos). La influencia del cambio climático irá empujando progresivamente a esta conífera hacia cotas más altas, llevándola a zonas poco idóneas (de suelo más pobre, expuestas al viento, de menor presión atmosférica, etc.), donde el crecimiento en altura y grosor puede ser mucho menor dificultando la colonización de estos pinares por el picamaderos negro o incluso por el pico picapinos en formaciones arboladas raquílicas. La proyección del pino silvestre apunta a que ocupará progresivamente cotas más altas, con lo cual podría ofrecer un hábitat substitutorio para el mochuelo boreal.

Finalmente remarcar el hecho que las comunidades de pequeños mamíferos (presa principal de esta especie) de los ambientes subalpinos donde habita el mochuelo boreal son, en general, escasas en cuanto a abundancias (Torre et al., 2013). Además, están moduladas por ciclos poblacionales plurianuales. En los años de menor abundancia de ratones y topillos, la productividad del mochuelo boreal disminuye, aparte de incrementarse, notablemente, la influencia negativa de los carnívoros forestales sobre la especie.



Capítulo 2. Aspectos importantes en el hábitat del mochuelo boreal a diferentes escalas de gestión

Cuatro aspectos fundamentales determinan la presencia de mochuelo boreal: factores climáticos, abundancia de presas, disponibilidad de nidos de pícidos (especialmente de picamaderos negro) y facilidad para la localización y captura de las presas.

- En el Pirineo está asociado a altitudes superiores a los 1500 m en la vertiente sur y 1100 m en la vertiente norte, y a orientaciones norte, especialmente en las altitudes más bajas del rango altitudinal.
- La abundancia de presas tiene una relación negativa con la altitud y positiva con la abundancia de ecotonos, elementos como canchales, y la abundancia de refugio en forma de matorral o madera muerta en los bosques.
- La abundancia de nidos de pícidos depende de la presencia de estacas y árboles de un diámetro mínimo.
- La facilidad de localización y captura de presas es mayor en bosques abiertos; se ve favorecida por la disponibilidad de atalayas bajas y con poca cobertura de matorral.

2.1. Aspectos importantes a escala de paisaje o monte

2.1.1. Importancia de la escala de monte

En la gestión del hábitat del mochuelo boreal es fundamental considerar la escala de paisaje debido a la extensión de los territorios de caza. El territorio de caza de un único ejemplar puede tener una extensión de más de 200 ha, con áreas frecuentadas situadas incluso a más de 1,3 km del nido (Sonerud et al., 1986). A título orientativo, se ha estimado en Finlandia que los machos de mochuelo exploran cada noche un territorio de entre 54 a 268 ha, y tienen un área de campeo (en 9 noches consecutivas) entre 73-499 ha (Korpimäki y Hakkarainen, 2012). La distancia máxima en línea recta del nido al área de caza se encontró a 1.310 m en Noruega y a 2.880 m en Finlandia (Korpimäki y Hakkarainen, 2012; Sonerud et al., 1986). Estos datos deben tomarse con cierta reserva en su aplicación en Pirineos, ya que corresponden a bosques boreales con una estructura del hábitat y del paisaje particular y muy a menudo, una gestión forestal más intensiva de los bosques.

Por otro lado la abundancia de presas va a depender en gran medida, además de la estructura del bosque, de aspectos que van más allá de la estructura forestal de los rodales (figura 18) como la mosaicidad, abundancia de ecotonos, presencia de zonas de pastos y de estructuras como canchales (Tellería et al., 1991; Hakkarainen et al., 1996; Hakkarainen et al., 1997; Alonso et al., 1998; Mariné et al., 2007).

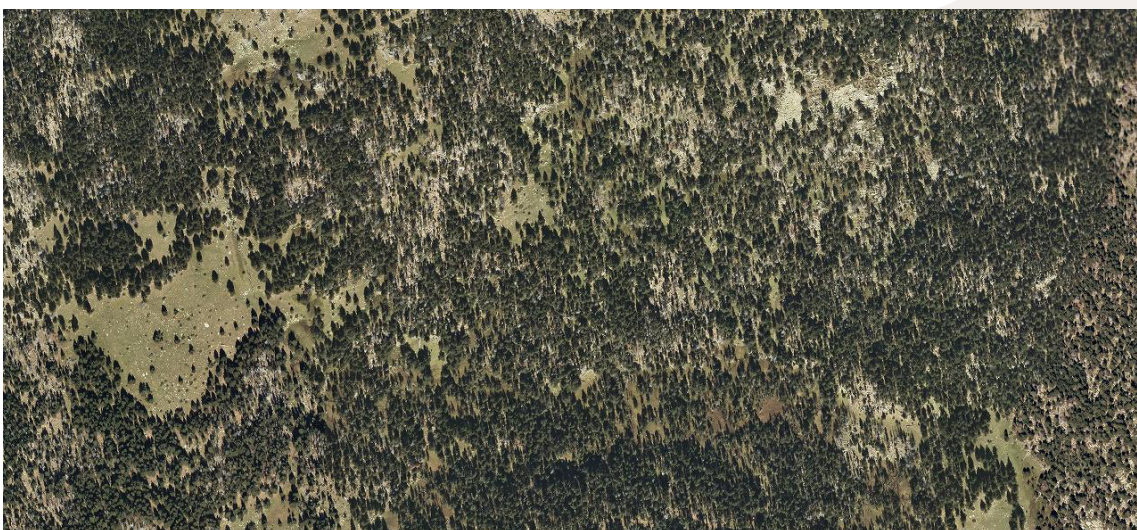


Figura 18. Ejemplo de hábitat óptimo para mochuelo boreal en la vertiente sur de los Pirineos. Lles de Cerdanya. Fuente: Ortofotografía 1:5.000, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

2.1.2. Rango altitudinal y topografía

El clima es la variable que mejor explica la distribución del mochuelo boreal en España (Castro et al., 2008). La especie sufre estrés durante el verano asociado a las altas temperaturas (Hayward et al., 1993); de hecho, presenta una distribución continua en las áreas con una climatología favorable, mientras que en zonas desfavorables del sur de Europa queda relictas a los macizos montañosos.

La especie compensa la climatología con la topografía, de manera que la distribución altitudinal en ambas vertientes del Pirineo es asimétrica (figuras 19 y 20). En la cara sur del Pirineo el rango altitudinal de distribución de la especie se localiza entre los 1.500 y los 2.200 m (Joveneaux y Durand, 1987; Dejaifve et al., 1990; Dalmau et al., 1998), situándose la mayoría de los territorios entre los 1.800 y los 2.000 m (Mariné et al., 2007). En la cara norte puede estar presente desde los 800 metros aunque la mayor parte de los territorios se encuentran entre los 1.100 y 1.600 m (Dejaifve et al., 1990; Mariné et al., 2004; Auria, 2013).

Los territorios pirenaicos se sitúan en bosques en los que la media de las temperaturas máximas del mes de julio no superan los 17°C y la media del mes de enero se encuentra entre 1 y -3°C (López et al., 2010). Estos mismos autores sugieren que el umbral de -3°C probablemente sólo refleja la temperatura del límite forestal y sólo esté indicando esa limitación en la ubicación de los nidos.



Figura 19. Pinar de pino negro en la franja superior del piso subalpino en la vertiente sur de los Pirineos. Alt Pallars, Parc Natural de l'Alt Pirineu. Autor: Jordi Bas.



Figura 20. Límite superior del bosque en la vertiente norte de los Pirineos, con dominio de abetal y hayedo. Ariège-Agièja. Autor: Quentin Giry.

Si bien la altitud tiene un efecto muy significativo en la ocupación de cajas nido (López et al., 2010), este hecho puede estar más relacionado con el escaso porte del arbolado en altitudes altas que con la climatología. También se ha sugerido que la elevada altitud a la que se encuentra el grueso de las poblaciones de mochuelo boreal en la vertiente sur de los Pirineos puede ser explicada además de por factores climáticos por la competencia con otras especies de rapaces nocturnas, como el cárabo (Mariné et al., 2007). En las sierras más meridionales de los Prepirineos orientales la abundancia de depredadores como la garduña y la marta y de competidores como el cárabo podría ser uno de los factores que explicase la baja densidad del mochuelo boreal (D. Guixé, datos inéditos).

Por otro lado, la climatología por sí sola no explica su distribución en la Península Ibérica ya que hay otras zonas de la Península climáticamente favorables (Castro et al., 2008). La baja tasa reproductora de la especie en la vertiente sur del Pirineo unido a las altas tasas de depredación hace suponer que la vertiente sur del Pirineo actúe como un sumidero (Mariné et al., 2004) y dependa de las poblaciones francesas, lo que explicaría por qué no llega a colonizar otros sistemas montañosos de la Península.

Esta selección positiva de las zonas más altas se realiza en contra de la densidad de sus principales presas, ya que aunque la diversidad de pequeños mamíferos en el medio subalpino es alta (Torre et al., 2013), presenta en general una densidad baja en comparación con el piso montano, debido a que la altitud tiene un efecto negativo sobre la abundancia de pequeños mamíferos (Alcántara, 1989) y en especial sobre el ratón de campo, la especie más común en hábitats forestales de la Península Ibérica (Torre et al., 2013; ver figura 21).

En la franja altitudinal de los 1500-2000 m la especie más abundante es el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*), seguido del topillo rojo (*Myodes glareolus*) y más lejos por la musaraña gris (*Crocidura russula*); en la franja de 2.000 a 2.500 m la especie más abundante es el topillo nival (*Chionomys nivalis*), seguido muy de cerca por la musaraña bicolor (*Sorex araneus*) y el topillo rojo (Torre et al., 2013).

Abundancia de micromamíferos en función de la altitud

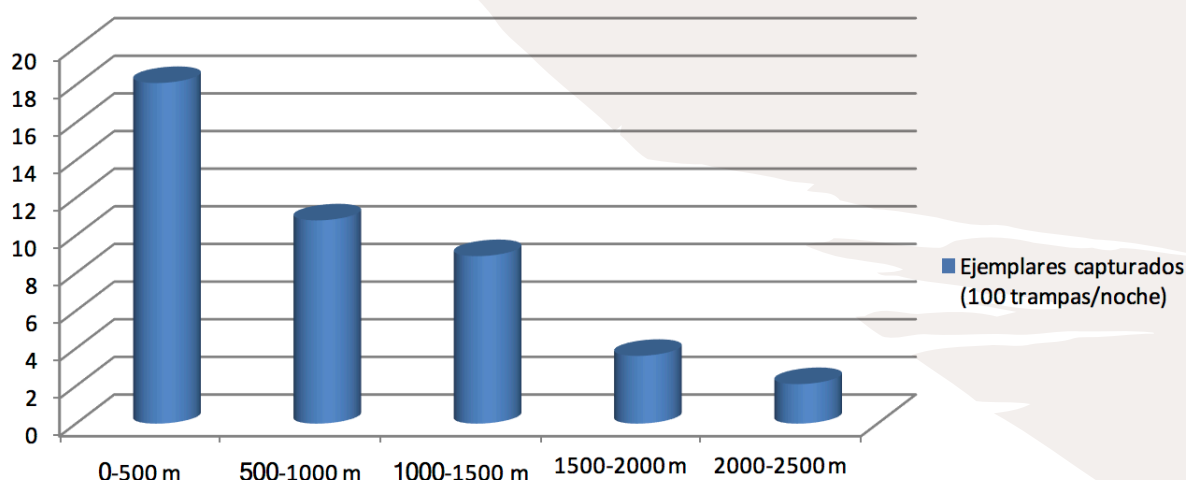


Figura 21. Abundancia media de pequeños mamíferos por parcela con relación a la altitud obtenidos en el proyecto SEMICE (Torre et al., 2013).

2.1.3. Exposición y pendiente

En los Pirineos atlánticos franceses (figura 22) la ONF encontró que la mayoría de los rodales con presencia de mochuelo boreal tienen una exposición preponderante en el cuadrante norte (Auria, 2013). Este hecho parece relacionarse con una búsqueda de las exposiciones más frías aunque debe de tenerse en cuenta que en el Pirineo francés una gran parte de los bosques de montaña se encuentran en exposiciones norte dado que la producción de pastos se ha realizado mayoritariamente en las orientaciones sur (Auria, 2013). En el Pirineo catalán se comprobó que las orientaciones sureste, sur y, en menor medida, oeste afectaban negativamente la ocupación de cajas nido (López et al., 2010).

Francia: Pirineos Atlánticos

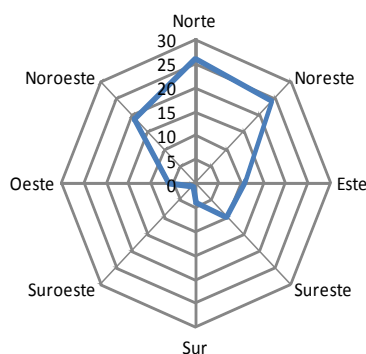


Figura 22. Orientación de los territorios en los Pirineos atlánticos franceses (Auria, 2013).

La mayoría de los rodales estudiados en los pirineos atlánticos de Francia (65 %) presentan pendientes medias, entre el 30 y el 60 %, las localizaciones en pendientes mayores suponen el 18 % y en pendientes más suaves el 17 % (Auria, 2013). La selección de pendientes parece corresponderse bastante bien con la disponibilidad de hábitat, no pudiendo afirmarse que exista una selección positiva. Sin embargo, los 13 nidos encontrados en esta área estaban en zonas de fuertes pendientes (Auria, 2013). Es posible que los territorios de cría se ubiquen en exposiciones norte con fuertes pendientes para disminuir la exposición solar.

2.1.4. Fragmentación, mosaicidad, caminos, ecotonos, canchales y usos ganaderos

La distribución agregada de algunos territorios está relacionada significativamente con la proximidad de canchales, prados, caminos, márgenes y, en general, numerosas áreas ecotonales (Mariné et al., 2007; figuras 23 y 24). La importancia de estos elementos está relacionada con la abundancia de varias especies de pequeños mamíferos. La abundancia del ratón de campo, un recurso importante para el mochuelo boreal, está muy condicionada con el efecto margen y por tanto se ve favorecida por los bosques claros y con claros (Tellería et al., 1991; Alonso et al., 1998). El ratón de campo es capaz de explotar, simultáneamente o siguiendo ritmos circadianos, diferentes hábitats contiguos que le proporcionan alimento y refugio como el exterior y el interior del bosque (Alonso et al., 1998). En las zonas abiertas la abundancia es mayor cerca del bosque que lejos y dentro del bosque es más abundante cerca del borde que en el interior (Alonso et al., 1998).



Figura 23. Pinar de pino negro claro pastado. Autor: David Guixé.

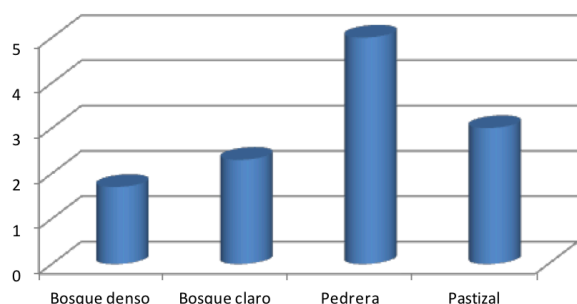


Figura 24. Zonas ecotonales de matorral entre pinar de pino negro y pastizales. Muntanya de Sant Miquel, Parc Natural de Capçaleres del Ter. Autor: Jordi Camprodon.

Los claros forestales de varias hectáreas introducen un efecto ecotonal. En Finlandia, en áreas arboladas extensas y homogéneas, el número de pollos que vuelan es mayor en aquellas zonas con un gran número de claros de corta (>30 %) de gran tamaño (varias hectáreas) que en aquellas en las que se han realizado pocos claros (Hakkarainen et al., 1996; Hakkarainen et al., 1997). Sin embargo, estos espacios de caza son temporales, ya que pierden interés cuando el regenerado está bien implantado. En los Pirineos catalanes los espacios abiertos de prado, matorral y canchales representan un 10 y 15 % del hábitat (el 90 y 85 % restante es bosque), en un radio de 400 m y 1000 m respectivamente alrededor de los nidos (CTFC, datos inéditos 2020). Como ejemplo ver la figura 18. En 117 territorios analizados en los Pirineos catalanes los espacios abiertos están compuestos por matorrales de piorno (*Genista balansae*), prados medioeuropeos seminaturales, prados de siega y diente altimontanos y subalpinos, landas atlánticas y subatlánticas, pastizales de *Festuca eskia* y canchales silíceos con vegetación rupícola (hábitats CORINE).

Las pedreras o canchales albergan comunidades de pequeños mamíferos muy ricas y de gran diversidad (figura 25). Bien sea por la abundancia de refugios, o bien por la abundancia de comida o por ambas cosas, estos elementos acogen una densidad, riqueza y biomasa de pequeños mamíferos superior a cualquier otro ambiente subalpino (Mariné et al., 2007).

Abundancia (ind 100 trampas/noche)



Biomasa (gr)

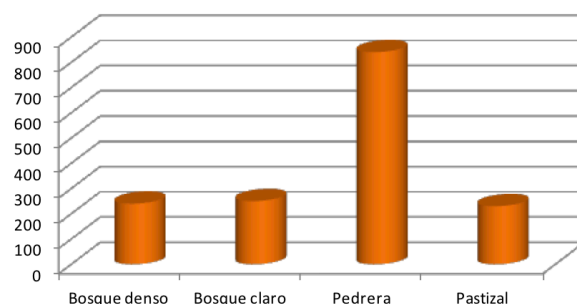


Figura 25. Abundancia (en azul) y biomasa (en naranja) de pequeños mamíferos en cuatro ambientes subalpinos (Mariné et al., 2007).

La abundancia de pequeños mamíferos hipogeos puede verse limitada por el tipo y calidad del suelo, ya que resulta mucho más fácil excavar galerías en suelos blandos, profundos y poco rocosos, aunque también puede suponer un inconveniente para las especies epigeas (Mariné et al., 2007). El ganado doméstico puede compactar el suelo y degradar la vegetación, lo que puede limitar a las especies hipogeas y también a especies epigeas como el ratón de campo y la musaraña gris (Torre et al., 1999 en Mariné et al., 2007). La madera muerta en el suelo, incluidos los restos de tala, pueden favorecer la abundancia de roedores.

2.1.5. Conectividad

Las diferencias genéticas entre las distintas subpoblaciones europeas son muy pequeñas, lo que indica una alta conectividad y altas tasas de dispersión a larga distancia (Koopman et al., 2005). La población más occidental de la especie se encuentra en los Pirineos, aislada varios cientos de kilómetros de la población más cercana. Esta población no presenta diferencias en la estructura genética del ADN mitocondrial con respecto a las poblaciones del centro de Europa. Esto sugiere que existen contactos con la población principal o bien han existido hasta épocas muy recientes (Broggi et al., 2013). La falta de diferenciación genética entre diferentes poblaciones de mochuelo boreal independientemente del tipo de matriz y su extensión indica que las zonas no forestales no suponen una barrera para esta especie de alta movilidad (Koopman et al., 2007).

2.2. Aspectos importantes a escala de parcela o rodal

2.2.1. Estrato arbóreo. Parámetros forestales

❖ Especies arbóreas

En la vertiente sur del Pirineo oriental el mochuelo boreal se encuentra fundamentalmente en bosques subalpinos de pino negro, aunque de manera ocasional también se localiza en bosques de pino silvestre y abetales (Mariné et al., 2007). En la vertiente norte se ha encontrado fundamentalmente en hayedo-abetales (63,5 %) y el resto en abetales puros (11,5 %), hayedos puros (15,5 %) y abetal-hayedo (6,5 %), de acuerdo con los tipos de bosques mayoritarios en los Pirineo atlánticos (Auria, 2013; figura 26).



Figura 26. Hábitat de mochuelo boreal en la vertiente norte de los Pirineos. Parc naturel régional Pyrénées Ariégeoises.
Autor: Quentin Giry.

❖ Densidad del arbolado y apertura del dosel

La densidad del bosque se define como el número de fustes mayores con diámetro normal mayor de 10-20 cm por hectárea. Valores altos normalmente describen a bosques densos; por el contrario, un rodal maduro de árboles grandes tendrá una baja densidad dependiendo de varios parámetros, entre otros los tratamientos silvícolas realizados. En los Pirineos atlánticos la especie se detectó en un 28 % de los casos en bosques de haya y abeto con más de 400 pies/ha, el 44 % de las ocasiones en bosques con densidades entre 200 y 400 fustes/ha y el 28 % de los casos en bosques de menos de 200 fustes/ha, a partir de diámetro 20 cm (Auria, 2013).

En la vertiente sur, los rodales adyacentes a un lugar de nidificación del mochuelo boreal presentan un menor número de rodales de bosque denso y un mayor número de rodales de bosque abierto que otras zonas escogidas al azar (Mariné et al., 2007). En Cataluña el CTFC (datos inéditos, 2020) encontró una Fracción de Cobertura (FCC) media del $51,3 \pm 15,1$ % en los 100 metros adyacentes al nido, algo mayor $56,6 \pm 16,6$ % al incluir también los datos de machos cantando. La FCC es el porcentaje de suelo cubierto por la proyección vertical de las copas, es una medida de la apertura del dosel y refleja cuanta luz llega hasta el suelo, parámetro muy relevante en el desarrollo del matorral y de la vegetación herbácea (figura 27).



Figura 27. Fustal de pino negro con árboles espaciados y claros, buen hábitat de caza para el mochuelo boreal. Bosc de Baiasca, Parc Natural de l'Alt Pirineu. Autor: Jordi Camprodon.

❖ Irregularidad de la masa

En los Pirineos atlánticos franceses las citas de mochuelo se encuentran en rodales de haya y abeto (figura 28) que muestran predominantemente una estructura irregular (3 clases de edad por lo menos) o regularizada (1-2 clases de edad). En esa misma zona los 13 nidos localizados se encontraron en rodales irregulares (Auria, 2013).



Figura 28. Territorio de mochuelo boreal en hayedo-abetal de los Pirineos atlánticos occitanos. Autor: Jean-Claude Auria.

❖ Tamaño del arbolado

El 24 % de las citas en los Pirineos atlánticos se encontraron en rodales de bosques de haya y abeto con predominancia de madera gruesa (tabla 3), el 23 % en rodales con madera media predominante, el 30 % en rodales con predominancia de madera fina, el 15 % en rodales equilibrados y el 9 % en localizaciones poco o nada forestales. No obstante, los 13 nidos localizados se encontraron en rodales con predominancia de madera gruesa (Auria, 2013).

Tabla 3. Distribución de las localizaciones de mochuelo boreal en el Pirineo francés en función de la estructura del bosque (Auria, 2013). Madera fina comprende las clases diamétricas (CD) 20-25 cm; media CD 30-40 cm; gruesa CD 45-65 cm.

Estructura	%	Tipo predominante	%
Irregular	38	Madera gruesa	10
		Madera media	3
		Madera fina	10
		Sin predominancia	15
Regularizada	35	Madera gruesa + media	5
		Madera gruesa + fina	3
		Madera media + gruesa	9
		Madera media + fina	4
		Madera fina + media	14
Regular	19	Madera gruesa	6
		Madera media	7
		Madera fina	6
No forestal	9	Adehesado	2
		Landas	3
		Roquedos	2
		Zonas húmedas	2

En el Pirineo los rodales ocupados por mochuelo boreal muestran un diámetro medio de los árboles significativamente mayor que el de zonas en las que está ausente. En Cataluña el CTFC (datos inéditos, 2020) encontró en pinares un diámetro medio normal de $32,8 \pm 3,1$ cm en los 100 metros adyacentes al nido. El tamaño de los árboles era de media algo menor $30,4 \pm 3,3$ cm al incluir también los datos de machos cantando.

Las cavidades de pícidos de las que depende para nidificar se distribuyen generalmente de forma agregada en rodales de bosque añejo, debido a la concentración de árboles muertos y de gran diámetro (Joveniaux y Durand, 1987; Mariné et al., 2007). Casi todos los nidos ocupados en los Pirineos atlánticos occitanos se han encontrado en grupos de hayas horadadas por el picamaderos negro (J. C. Auria, com. pers.). Se ha podido comprobar que la supervivencia de los machos adultos es mayor cuanto mayor es la proporción de bosque viejo en el territorio (Hakkarainen et al., 2008); los autores sugieren que esto se explica porque los bosques viejos por un lado albergan mayores densidades de presas y por otro, porque proporcionan un mejor refugio frente a la depredación por rapaces. Igualmente, en Finlandia se ha demostrado una correlación positiva entre la madurez del bosque y el éxito reproductor vital (número de crías producidas a lo largo de la vida), un parámetro que aúna la supervivencia con el éxito reproductor (Laaksonen et al., 2004).

❖ Calidad de estación / altura del arbolado

La calidad de la estación ecológica forestal es un indicador de la capacidad productiva (fertilidad y profundidad del suelo) de un lugar para una determinada especie forestal. El indicador más extendido es la utilización de la altura del árbol (altura total dominante o altura total media), índice que se incrementa con la calidad de estación ecológica. En el Pirineo francés se observó que la gran mayoría de las localizaciones (65 %) se encuentran en rodales de hayedo y hayedo abetal de 20 a 30 m de altura, que corresponden a suelo profundo y fertilidad media. Los rodales con árboles bajos (menos de 20 m) o, por el contrario, los rodales con árboles altos y delgados (más de 30 m) se reparten el resto de los lugares, con 20 % y 15 % respectivamente (Auria, 2013). En Cataluña el CTFC (datos inéditos, 2020) encontró una altura media en pinares de $11,1 \pm 1,23$ m en los 100 metros adyacentes al nido y $10,4 \pm 1,2$ m, tomando el total de observaciones (figura 29).



Figura 29. Territorio de mochuelo boreal en fustal alto de pino silvestre con árboles de buen tamaño, buen espaciamento entre pies, grupos de regenerando de distintas edades y mosaico de sotobosque herbáceo y arbustivo de ericáceas. Andorra. Autor: Jordi Dalmau.

❖ Área basal

El área basal es una de las variables de referencia de la masa forestal, cuyos valores son universalmente utilizados en la gestión de su espesura. Este parámetro resulta de expresar en m^2/ha , la relación entre las secciones normales de los árboles de un espacio forestal y la superficie de terreno que ocupan. El área basal es un índice que aúna el diámetro de los árboles con la superficie ocupada; para una zona y edad determinada del arbolado da una idea de la densidad. En los Pirineos atlánticos el 23 % de las localizaciones se encontraron en rodales de bosques de haya y abeto de menos de $20 \text{ m}^2/\text{ha}$, la mayoría (54 %) en rodales con áreas basales entre 20 y $30 \text{ m}^2/\text{ha}$ a partir de la clase diamétrica 20 cm y el 23 % en rodales con más de $30 \text{ m}^2/\text{ha}$. Los 13 nidos localizados se encontraron en rodales con un área basal entre 23 y $30 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Auria, 2013). En pinares de Cataluña se encuentra en un área basimétrica media de $45,48 \pm 11,12 \text{ m}^2/\text{ha}$ a partir de clase diamétrica 10 cm, en los 100 metros adyacentes al nido. Un poco menor tomando los machos cantando $43,9 \pm 11,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ (CTFC datos inéditos, 2020). Esta área basimétrica está calculada en base a datos Lidar, que están sujetos a intervalos de confianza muy holgados. Se estima demasiado elevada para estos bosques, con lo cual esta media debe tomarse con mucha cautela.



Figura 30. Fustal de pino negro con características de madurez (árboles de gran tamaño). Autor: David Guixé.

❖ Volumen por hectárea

Es el volumen de madera acumulado de todos los árboles de una hectárea. Se calcula multiplicando el área basal por la altura promedio de los árboles y por un coeficiente de corrección que depende del tipo de bosque y generalmente se ubica en valores alrededor de 0,5. En el Pirineo francés, en bosques de haya y abeto, se comprobó que el 18 % de los valores se encuentran en rodales con menos de 250 m³/ha, el 61 % entre 250 y 400 m³/ha en bosques bastante típicos para lo habitual en la zona; finalmente, el 21 % de los puntos se encontraron en parcelas de más de 400 m³/ha lo que es, a menudo, pero no siempre, un signo de que el rodal no ha sido explotado (Auria, 2013). Los nidos encontrados en esta zona (13 nidos) se ubican en rodales con un volumen de madera en pie entre 350 y 425 m³/ha (Auria, 2013).

2.2.2. Presencia de claros

Otra de las características estructurales destacables del hábitat de reproducción del mochuelo boreal en la vertiente sur de los Pirineos es que se trata de bosques relativamente abiertos, con gran espaciamiento entre árboles o con la presencia de abundantes claros (Mariné et al., 2007). En los Pirineos atlánticos occitanos está muy asociado a la proximidad de claros de bosque y pastos (J. C. Auria, com. pers.).

La presencia de claros originados por la caída de árboles de gran diámetro (figura 31) o por una corta por grupos o bosquetes son de gran interés para la caza, puesto que constituyen áreas ecotonales con mayor diversidad de presas (López et al., 2010). Las claras y cortas de regeneración que favorecen los árboles más gruesos y resultan en estructuras más abiertas permiten al mochuelo boreal ganar en espacios de caza, en especial en montes con extensas superficies de fustal joven o medio con alta densidad de pies. Tras las cortas finales pueden aprovechar los ecotonos, pero son poco provechosas si no hay retención de árboles semilleros y tocones altos que utilizan como posadero. Por otro lado, la presencia de claros formados por la caída de árboles facilitaría la estrategia de caza del mochuelo dentro del bosque, eliminando el número de obstáculos, aportando perchas y facilitando la localización y captura de las presas (Mariné et al., 2007).



Figura 31. Apertura de claro por caída de árbol de gran tamaño en pinar de pino negro. Autor: David Guixé.

2.2.3. Cavidades y madera muerta

La presencia de cavidades en los árboles es un factor limitante de la distribución del mochuelo boreal en los bosques subalpinos pirenaicos. Los rodales de nidificación presentan un mayor número de cavidades que rodales arbolados escogidos al azar (Mariné et al., 2007). La escasa disponibilidad de cavidades aptas como nido condiciona, junto con los ciclos de abundancia de pequeños mamíferos, que los machos muestren comportamientos territoriales y las hembras sean nómadas (Korpimäki, 1987).

Una de las variables estructurales que mejor pueden predecir la presencia del mochuelo boreal en un bosque de pino negro es la abundancia de madera muerta (Mariné et al., 2007). La madera muerta es un elemento fundamental que determina la presencia y abundancia de pícidos en la vertiente sur de los Pirineos: los pinos decrepitos y muertos en pie proporcionan el sustrato preferente de nidificación de los pícidos; nidos que luego serán ocupados de manera secundaria por el mochuelo boreal u otras especies de aves o por murciélagos u otros mamíferos (figura 32). No así en los hayedos y hayedo-abetales atlánticos occitanos, donde el picamaderos negro excava sus nidos principalmente en hayas vivas (sanas o decrepitas), raramente en abeto (figura 33). Por otro lado, la madera muerta, tanto en pie como tumbada, proporciona la fuente de alimentación de los pícidos. En las campañas de prospección realizadas por la ONF en los Pirineos atlánticos franceses encontraron que en los 2 lugares principales de reproducción había un total de 18 y 11 cavidades disponibles/ha (Auria, 2013), lo que da una idea de la importancia de la abundancia de los pícidos y de madera muerta. Prospecciones en la vertiente sur (Cerdanya-Ripollès) por parte de un equipo del CTFC-UVic encontraron un promedio de 1,7 cavidades/ha y 1,1 árboles nido/ha, en los 12 territorios mejor conocidos de mochuelo boreal (Rota, 2021).



Figura 32. Nidos de picamaderos negro en pinos muertos en dos grados distintos de descomposición. Izquierda: Beraní (Parc Natural de l'Alt Pirineu); derecha: Setcases (Parc Natural de Capçaleres del Ter). Autores: Jordi Dalmau y CEINR.



Figura 33. Vieja cavidad en gruesa haya viva ocupada por el mochuelo boreal. Pirineos Atlánticos. Autor: Jean-Claude Auria.

La madera muerta es también un elemento importante para la abundancia de presas de los mochuelos, ya que los árboles muertos caídos sirven como lugar de refugio y reproducción para los pequeños mamíferos forestales, en especial en rodales con poca abundancia de matorral y musgo (Mariné et al., 2007).

La madera muerta es también un elemento importante en la estrategia de caza de los mochuelos al proporcionar posaderos de caza. La abundancia de atalayas es un elemento característico de los bosques ocupados por el mochuelo boreal en el Pirineo (Mariné et al., 2007). Según Norberg (1970), el mochuelo usa perchas bajas (media de 1,7 m de altura), cambia de percha cada poco tiempo (media 1:48 minutos), desplazándose a otra percha situada a una media de 17 m. Hayward (1993) describe como atalayas a los tocones y estacas de más de 50 cm de altura, pinos pequeños de menos de 1,5 m y raíces de árboles caídos (figura 34). La disponibilidad de presas puede ser menor dentro del bosque y la presencia de obstáculos un impedimento para la caza, pero la estrategia de caza usando perchas bajas es una estrategia adaptativa del mochuelo que le permite cazar en bosques claros (Sonerud et al., 1986).



Figura 34. Mochuelo boreal en su atalaya de caza en un joven pino. Autor: Jordi Bermejo.

2.2.4. Estratos arbustivo y herbáceo

Las masas forestales más apropiadas para los pequeños mamíferos son aquellas donde el suelo se encuentra recubierto por arbustos y musgos, y/o existe abundante madera muerta en forma de acumulaciones de ramas y troncos. Estos elementos proporcionan protección frente a los depredadores y proporcionan fuentes de alimento (Mariné et al., 2007).

Las masas forestales con poca cobertura de arbustos y matorral tienen bajas densidades de pequeños mamíferos, en comparación con un sotobosque con alta cobertura arbustiva y con los espacios abiertos. No obstante, son las áreas seleccionadas como territorios de cría, ya que en ellas puede localizar y atrapar más fácilmente a sus presas (Sonerud et al., 1986), situación observada en ambas vertientes de los Pirineos (Mariné et al., 2007; J. C. Auria, com. pers.). Cuando caza prefiere rodales de fustal alto bien desarrollado con cierto sotobosque arbustivo en mosaico (figura 35), donde dominen los espacios libres de cobertura vegetal o bien que el sotobosque sea ralo, por ejemplo, dominado por el arándano.



Figura 35. Izquierda: mosaico de arándano y rododendro, buen hábitat para el urogallo e ideal para refugio y alimentación de pequeños mamíferos, pero algo demasiado denso para facilitar la captura de roedores e insectívoros por el mochuelo boreal. Derecha: zona sin matorral cercana a la imagen anterior, con menos densidad de pequeños mamíferos, pero muy apta para la captura de presas. Las ramas bajas sirven de atalayas de caza para la rapaza. Autores: David Guixé y Jordi Camprodon.

2.3. Aspectos importantes a escala de árbol

2.3.1. Parámetros del árbol

El factor principal que limita la presencia de la especie en un bosque es, probablemente, la presencia de cavidades naturales o excavadas por pícidos, de un diámetro suficiente como para poder ser ocupadas para nidificar (Mariné y Dalmau, 2000).

En la práctica totalidad de su área de distribución europea, el mochuelo boreal nidifica fundamentalmente en agujeros excavados por el picamaderos negro (*Dryocopus martius*) (figura 36). En ocasiones ocupa cavidades horadadas por pico picapinos (*Dendrodopos major*) o pito real (*Picus viridis*) (Mariné et al., 2007). En los Pirineos atlánticos occitanos el 80 % de los nidos son en cavidades de picamaderos negro y el 20 % restante en cavidades naturales (figura 37). Además, el 60 % se emplazan en troncos viejos de haya con varios agujeros excavados en años sucesivos y que comunican en su interior, lo que proporciona cavidades más anchas y vías de escape en caso de intento de depredación (J. C. Auria, com. pers.). Los árboles seleccionados por el picamaderos negro presentan diámetros mayores de 35 cm y 51 cm de media (Camprodon et al., 2007; Pirovano y Zecca, 2014). En los Pirineos atlánticos todos los nidos localizados (13 nidos) se encontraron en hayas vivas de gran diámetro (46-61 cm), con las cavidades situadas entre 9 y 12 m de altura (Auria, 2013). En 12 territorios en pinares de pino negro, dos de ellos con abeto, de la Cerdanya y el Ripollès, el diámetro normal medio de los árboles con cavidades aptas para mochuelo ($n = 67$ árboles nido potenciales) era $42,2 \pm 10,6$ cm. Los agujeros se emplazaban a una altura media de $4,2 \pm 2,1$ m. Un 21,8 % de las cavidades potenciales eran de picamaderos negro, 61,4 % de pico picapinos, 6,9 % de pito real y 9,9 % eran de formación natural, todas en pino negro, excepto una de pico picapinos en abeto. Un 10,4 % eran árboles vitales, un 22,4 % decrépitos y un 67,2 % muertos (Rota, 2021). Para reducir el riesgo de depredación es importante la ausencia de ramas por debajo del agujero del nido y la vecindad de árboles muy próximos desde los cuales pueda saltar una marta o una garduña (Ravussin et al. 2001).



Figura 36. Picamaderos negro en su nido en un álamo temblón y jóvenes de mochuelo boreal asomando por dos agujeros de viejos nidos interconectados de picamaderos negro en un haya. Autores: Eudald Solà y Jean-Claude Auria.



Figura 37. Mochuelo boreal en la entrada de una cavidad natural en un viejo abeto. Autor: Jean-Claude Auria.

2.3.2. Parámetros del nido

Dentro de su rango altitudinal de distribución, la abundancia de cavidades es la característica que mejor puede predecir la adecuación de un bosque a los requerimientos del mochuelo boreal (Mariné et al., 2007).

El hecho que en el Pirineo el mochuelo boreal use nidos pito real y pico picapinos probablemente se deba a la baja disponibilidad de nidos viejos de picamaderos negro. Esta disminución de la densidad de cavidades de picamaderos negro tiene su origen en la escasez de árboles de gran diámetro y de tipología rectilínea existentes a las altitudes más elevadas de una calidad de estación baja (Mariné et al., 2007) y a la reutilización de nidos por parte del picamaderos negro, de forma que hay pocas cavidades viejas disponibles, a pesar que, en ocasiones, pueda haber estacas de gran diámetro aptas y no horadadas.

En los años con proliferación de topillos, el tamaño de puesta del mochuelo boreal y la supervivencia de los pollos están altamente correlacionados con el tamaño de la cubeta de nidificación, lo que se relaciona con la capacidad de almacenamiento de presas en las cubetas medianas y grandes (Korpimäki, 1985). Esto explicaría la preferencia por los mayores nidos del picamaderos negro.

Capítulo 3. Gestión forestal favorable al mochuelo boreal

3.1. Planificación general

Para abordar una buena planificación de la gestión de los montes, el gestor del medio natural debe disponer de la información necesaria para conocer la importancia para las poblaciones especies amenazadas de los montes que gestiona. Dado que en la práctica no suele disponer de todos los recursos necesarios, es de sentido común empezar con una priorización estratégica. Las prioridades pueden establecerse en función de las categorías de amenaza de las especies y su representatividad en el área/s a gestionar, en relación a contextos de referencia: biológico (“¿mis poblaciones constituyen una metapoblación y esta es viable en sí misma?”; “¿están aisladas genéticamente de otras subpoblaciones?”) y administrativo (“¿en cuánto contribuyen los montes que gestiono en la conservación de la especie a escala regional? En esta línea, la planificación y la gestión de un monte con mochuelo boreal u otra especie amenazada debe ser coherente con los montes vecinos que lleva otro gestor.

Focalizando ahora la atención a escala de monte, el gestor ha de disponer de una cartografía actualizada de los territorios de mochuelo boreal, las cajas-nido y árboles-nidos ocupados por el mochuelo boreal, así como censos y tendencias poblacionales calculadas por los especialistas. Una vez dispone de esa información puede planificar los trabajos forestales de forma que no disminuyan la disponibilidad de hábitat óptimo a una escala de monte. Para esta labor, es esencial que pueda contar con el apoyo de los conocedores de la especie.

Estos datos nos introducen un factor limitante: el aún escaso conocimiento sobre aspectos de la biología de la especie en los Pirineos. Su seguimiento se ha efectuado con escasos medios pero gran fuerza de voluntad de unos pocos naturalistas. Es por esto que en estas orientaciones de gestión en ocasiones debemos basarnos en datos centro y norte europeos, a la espera de poder afinarlos a medida que se obtenga más información a escala pirenaica. Es importante destacar que el mochuelo boreal actúa como especie paraguas, al requerir su supervivencia de especies clave como los pequeños mamíferos y de los pícidos. Además, estas recomendaciones son, en muchos aspectos, compatibles con otras especies protegidas, como el urogallo, el agateador norteño, el picamaderos negro o los murciélagos arborícolas.

La gestión forestal que integre la conservación del mochuelo boreal ha de cumplir con la legislación vigente. Como tales pueden tomarse el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011), donde el mochuelo boreal figura en la categoría de Vulnerable, la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y la Directiva Aves (92/43 CEE). Con el propósito de proteger a las especies en régimen de protección especial, dicha ley prohíbe “la destrucción del hábitat de especies vulnerables, en particular del lugar de reproducción, invernada, reposo, campeo o alimentación”. La legislación francesa (Decretos del 29/10/2009 sobre la lista de aves protegidas y los métodos de protección) prohíbe en todo el territorio metropolitano y en todo momento: a) la destrucción intencional o eliminación de huevos y nidos; b) la perturbación intencional de las aves, especialmente durante el período de cría y dependencia, siempre que la perturbación ponga en peligro la finalización adecuada de los ciclos biológicos de las especies consideradas; c) están prohibidas la destrucción, la alteración o la degradación de los sitios de reproducción y los lugares de descanso de los animales. Estas prohibiciones se aplican a los elementos físicos o biológicos que se consideren necesarios para la reproducción o reposo de las especies consideradas, siempre y cuando se utilicen o puedan utilizarse durante los ciclos sucesivos de reproducción o descanso de la especie en cuestión y puedan ponerlos en riesgo.

3.2. Gestión en áreas críticas y lugares de reproducción

- La gestión del monte debe integrar la conservación de las áreas críticas y los lugares de reproducción definidos para el mochuelo boreal en los múltiples objetivos de la gestión forestal sostenible.
- Área crítica. La Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad define como área crítica, “los sectores incluidos en el área de distribución que contengan hábitats esenciales para la conservación favorable de la

especie o que por su situación estratégica para esta requieran un mantenimiento adecuado”. Para el mochuelo boreal como tales se entiende el área de cría y el área de caza o alimentación a lo largo del año, que pueden o no solaparse. Los trabajos forestales son perfectamente compatibles con la conservación del área crítica si integran los criterios de conservación básicos recogidos en este manual.

- **Lugar de reproducción.** Lo constituye los árboles nido y uno o varios perímetros de seguridad periféricos a cada árbol nido. Como perímetro de seguridad pueden considerarse dos búferes de 10 y 50 m alrededor del árbol-nido (figura 38).

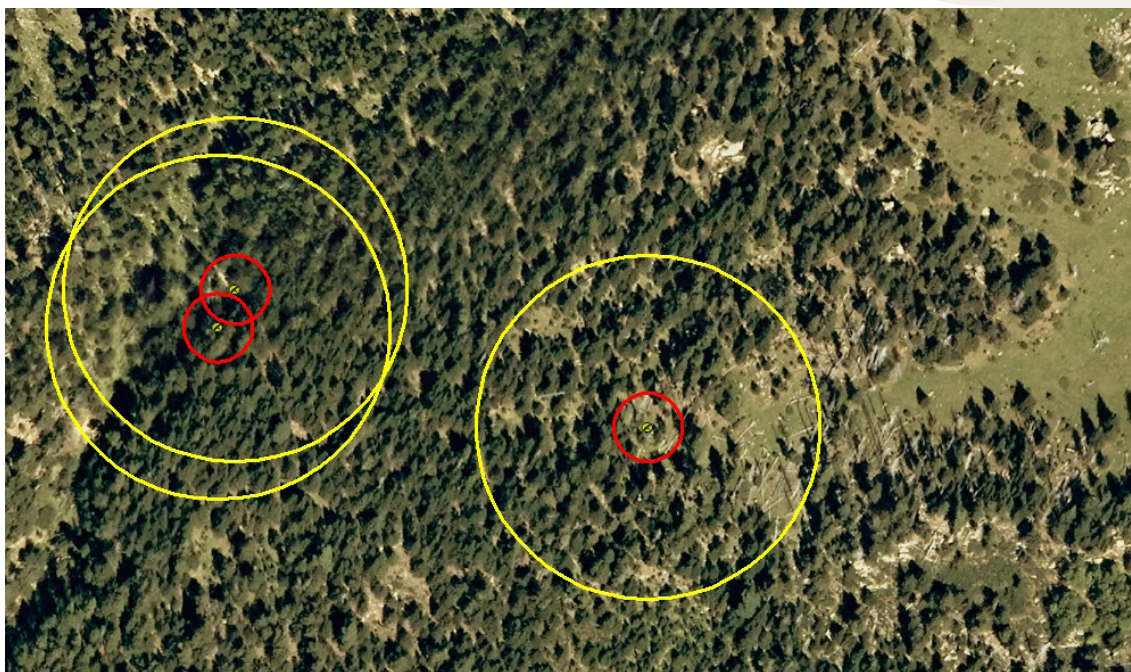


Figura 38. Perímetros de 10 y 50 m alrededor de lugares de reproducción conocidos. El perímetro de 10 m se mantendría sin intervenciones de forma permanente para protección del entorno inmediato del árbol-nido. En el perímetro de 50 m se excluirían los trabajos forestales durante la época de nidificación, solo en caso que el nido estuviese ocupado.

Infraestructuras, acceso motorizado y realización de trabajos en áreas críticas

- En el perímetro de 10 m, que incluye un árbol nido reocupado en los últimos años y los árboles vecinos, se procurará no modificar la estructura forestal. En este perímetro, se procurará no abrir nuevos caminos forestales ni vías de saca.
- En el perímetro de 50 m se aconseja no realizar trabajos forestales durante la época de cría, incluidos el acondicionamiento de caminos. Ésta habitualmente se realiza entre el **1 de marzo y el 31 de julio**. En ocasiones, la puesta puede empezar la última semana de febrero o que los pollos salgan del nido la primera de agosto. La supervisión desde abril a principios de junio de los nidos ocupados permite anticipar cuando volarán los pollos y adecuar la planificación de los trabajos.
- Deben evitarse las molestias en los **lugares de reproducción** del mochuelo boreal, causadas por un exceso de frecuentación y la construcción de infraestructuras temporales o permanentes.
- Cierre del acceso motorizado a las pistas y caminos sin servidumbre de paso que penetren en los **lugares de reproducción** ocupados durante la cría (figura 39). Limitar su uso exclusivamente a servicios.



Figura 39. El motorismo está prohibido fuera de los caminos autorizados. Autor. Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.

3.3. Gestión forestal a escala de paisaje

Mosaico paisajístico

- La existencia de espacios abiertos (prado subalpino con mosaico de arbustos, canchales y claros de bosque) aumenta la densidad de pequeños mamíferos. Se procurará mantener espacios abiertos adecuados como cazaderos en una proporción orientativa del 10-20 % en unos 500-1.000 m alrededor de los nidos (figura 40).
- Las zonas de transición ecotónica con el bosque son especialmente importantes al ser un espacio de caza preferente del mochuelo boreal (figura 41). Por lo tanto, debe procurarse potenciar ecotonos heterogéneos en su estructura vertical de la vegetación.
- En grandes masas de arbolado continuas se podrá potenciar la existencia de grandes claros y el efecto ecotono mediante su fragmentación ocasional o el adhesionamiento de algunos rodales de bosque en contacto con zonas abiertas, siempre que no sean áreas críticas para el urogallo.
- Se favorecerá el desarrollo y mantenimiento de una orla de bosque maduro en las zonas ecotónicas (canchal-bosque, prado-bosque) para proporcionar áreas de alta calidad de hábitat, tanto para la alimentación como para la reproducción de los mochuelos.
- Se evitará la alteración de los canchales cuando se pretenda construir alguna infraestructura (caminos o carreteras, pistas de esquí, etc.).



Figura 40. Estructura del paisaje en dominios vitales de mochuelo boreal en la vertiente norte de los Pirineos, en la frontera entre la Val d'Aran y l'Ariège. Fuente: Ortofoto 1:5.000, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.



Figura 41. Zonas ecotonaes entre pastos y bosque en el Pallars Sobirà, Parc Natural de l'Alt Pirineu. Autor: Jordi Bas.

Estructura de la masa arbolada

- Un monte puede contener distintas estructuras de bosque en función de la priorización de distintos objetivos y del estado actual de las masas arboladas, entre las cuales se encuentran estructuras irregulares, masas regularizadas y rodales a evolución natural.
- Las estructuras de cubierta continua a pequeña escala (regeneradas pie a pie o en pequeños bosquetes), con diferentes grados de densidad del arbolado, son favorables para las aves especialistas forestales. Sin embargo, las masas cerradas no permiten el desarrollo del sotobosque, importante para la alimentación y refugio de los pequeños mamíferos. Por otro lado, los rodales con alta cobertura de sotobosque disminuyen la capturabilidad de las presas (figura 42).
- En los bosques de estructura regularizada, con unidades de regeneración en parcelas de gran tamaño (> 0,5 ha), se debe planificar la regeneración de modo que las etapas jóvenes (monte bravo, latizal, fustal bajo) se distribuyan de manera alterna con las zonas vecinas de fustal alto o rodales reservados para su evolución natural. De este modo se evitan grandes superficies sin hábitat adecuado para el mochuelo boreal y otras especies amenazadas, como el urogallo. Esta situación es ideal, sin lugar a dudas, pero los estados de masa actuales son uniformes en grandes superficies, con lo que se trataría de una planificación a años vista, acelerando las transiciones y ralentizándolas a conveniencia.
- Se recomienda destinar un mínimo del 10 % de la superficie forestal de monte arbolado como reserva de rodales a evolución natural, libre de intervenciones y en diferentes calidades de estación y rangos altitudinales. Preferentemente reservarlas en zonas de alto valor biológico, que puedan coincidir territorios de mochuelo boreal y con zonas vitales para otras especies amenazadas, como el urogallo. A ser posible en rodales superiores de varias decenas de hectáreas contiguas, para que pueda operar la dinámica de regeneración por apertura de claros:
 - Los rodales que componen la red deben estar suficientemente cercanos, del orden de centenares de metros a pocos kilómetros de distancia.

- La distribución de las cavidades en los bosques subalpinos en muchas ocasiones es agregada. Es importante incluir estas zonas con alta densidad de cavidades en las zonas de reserva.
- Igualmente son prioritarios los rodales ubicados en zonas ecotónicas junto a prados con matorros, pastos y canchales.
- El resto de las reservas deben estar emplazados en distintas estaciones ecológicas, no limitados a zonas sin interés maderero o de difícil acceso.

En Francia, existe la red de îlots de vieux bois, una herramienta para conservar la biodiversidad saproxílica y la asociada a las cavidades en árbol en montes públicos (ONF, 2009). En los Pirineos existen extensas zonas de bosque subalpino planificado como protector en los planes de ordenación. Por ejemplo, el 50 % de las masas públicas de la comarca del Ripollès, en el Pirineo oriental, por tema de inaccesibilidad y para protección de flora y fauna (J. Faus, com. pers.).



Figura 42. Pinar de pino negro de estructura irregular con frondosas acompañantes y sotobosque claro, favorable para la caza del mochuelo boreal. Pallars Sobirà, Parc Natural de l'Alt Pirineu. Autor: Jordi Bas.

Madurez del bosque

- El mochuelo boreal se adapta bien a estructuras de fustal alto que presenten un número suficiente de cavidades aptas. No obstante, la supervivencia de los adultos es mayor con más proporción de bosque maduro en su territorio (Hakkarainen et al., 2008). La madurez del bosque va asociada a una mayor disponibilidad de cavidades y mayor capacidad de ofrecer un recambio de nidos en caso de caída del árbol con cavidad, intento de predación o proliferación de parásitos. Por otro lado, en presencia de fases de decaimiento de árboles viejos repartidos por el rodal, prevalece la dinámica de formación de claros y la heterogeneidad de coberturas de sotobosque, que favorecen la diversidad de flora y fauna, entre ellos a los pequeños mamíferos, con lo cual una distribución en mosaico del sotobosque proporcionará buenos territorios de caza para el mochuelo boreal (figura 43).
- Es interesante puntualizar que un bosque o un rodal maduro es una masa arbolada con árboles muy viejos, cercanos al límite de su longevidad, junto con pies decrepitos y muertos abundantes y sujeta a una dinámica

de regeneración por apertura de pequeños claros, donde prolifera el regenerado. Para precisar, y de forma simplificada, se pueden identificar por la existencia de árboles pertenecientes a estados sucesionales avanzados, con una edad cercana al límite impuesto por su longevidad y una edad media del rodal del orden de la mitad de dicha longevidad (Fiedler et al., 2007).

- En los rodales maduros, la opción de gestión preferente es dejar operar a los procesos ecológicos (dinámica natural). En rodales en proceso de maduración puede ser aconsejable la implementación de ciertas intervenciones de tipo proactivo, destinadas a alcanzar o potenciar alguno de los componentes de madurez (por ejemplo, incrementar la madera muerta, la superficie de claros o la heterogeneidad vertical) mediante actuaciones silvícolas (EUROPARC-España, 2017).



Figura 43. Abetal maduro de Torla, en el Parque Nacional de Ordesa-Monte Perdido. Autor: Ramón Jato.

Pastoreo de ungulados

- El pastoreo por ungulados salvajes y domésticos puede ser un aliado o un problema para el sotobosque y el regenerado, según la carga ganadera (figura 44). Una carga ganadera débil sería del orden de 0,1 Unidad Ganadera Mayor/ha (1 UGM = 1 bovino o equino adultos, 1 vaca joven o 6-7 ovinos en los sitios vitales). Numerosas observaciones empíricas sugieren que en el momento en que se alcanzan densidades del orden de 0,5 UGM/ha hay un efecto negativo sobre el arándano y otras especies del sotobosque. En caso de utilizar bovinos o equinos para controlar la vegetación leñosa en buena calidad de estación, las densidades podrán ser intensas y concentradas durante unos pocos días, hasta que se obtenga el efecto deseado. En casos de ganado lanar, este debe ir siempre con pastor, que disponga de un mapa de las zonas permitidas para pastar.
- En zonas con alta densidad de ciervo, como la Serra del Boumort, el constante ramoneo sobre el sotobosque lo degrada por completo. En áreas críticas como ésta se pueden realizar exclusiones para los ungulados, salvajes o domésticos, en forma de pequeñas parcelas, tanto en zonas forestales como en pastizales. De esta manera se puede favorecer el incremento de las poblaciones de pequeños mamíferos forestales y de espacios abiertos, creando importantes reservas de presas para el mochuelo boreal y otros depredadores.

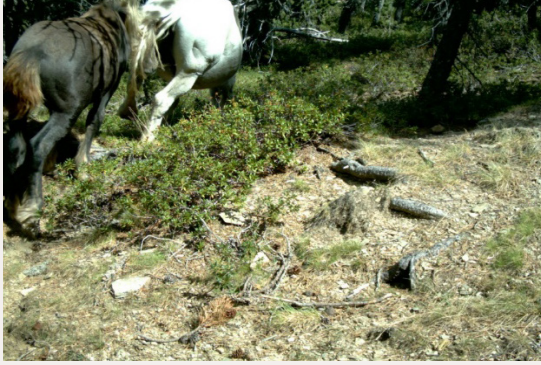


Figura 44. Imágenes de pastoreo de ungulados domésticos y salvajes en áreas críticas de mochuelo boreal y urogallo, captadas mediante fototrampeo. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.

3.4. Gestión forestal a escala de rodal

Cobertura y densidad arbolada

- Seleccionan como territorios de caza y nidificación fustales altos, mejor cuanto más maduros (figura 45). En rodales con gestión forestal activa se debe de procurar una cobertura de dosel media alrededor del 50 %, distribuida entre el 30-70 % por grupos o bosquetes. El área basimétrica del orden de 30-35 m²/ha, lo que se correspondería para un diámetro medio mínimo de entre 30 y 35 cm con densidades entre unos 450 y 650 pies/ha.

En las zonas muy cerradas de arbolado se pueden proponer claras para la mejora del hábitat (figura 46). A aplicar en masas forestales densas de pino negro y pino silvestre (superiores a 900-1.200 pies/ha) reduciendo, orientativamente, el 20-25 % del área basimétrica, con el objetivo de potenciar rodales de bosque con mayor crecimiento diametral.



Figura 45. Cantadero de urogallo en pino silvestre, que a su vez es un hábitat óptimo para el mochuelo boreal. Imagen captada con fototrampeo. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.



Figura 46. Fustal bajo muy cerrado donde se han señalado pies para una clara por lo bajo con el objetivo de mejorar la entrada de luz y favorecer el arándano. Parc Natural de la Capçaleres del Ter. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.

Cobertura y tratamiento del sotobosque

- El sotobosque idealmente debe de formar un mosaico abierto de matorral y regenerado que no supere el 50 % de recubrimiento.
- Se debe evitar la alteración indiscriminada del sotobosque durante los trabajos de aprovechamiento forestal, creando pocas vías de extracción de madera, que por otra parte se reducen los costes. No obstante, microperturbaciones producidas por actividades forestales o el paso de ungulados, debidamente controladas, pueden favorecer la regeneración, la microbiota del suelo y la germinación o la activación de la reproducción vegetativa del arándano y otras especies arbustivas.
- Durante los trabajos forestales respetar las especies arbustivas y arbóreas productoras de frutos apetecibles para los pequeños mamíferos (*Sorbus*, *Corylus*, *Rubus*, *Rosa*, etc.), en especial las que crecen en abundancia en los claros y lindes forestales.
- Se puede favorecer el crecimiento arbustivo en mosaico mediante claras mixtas en rodales de fustal medio o alto de FCC que supere el 75 % y presencia de pequeñas matas dispersas y poco vitales de arándano o gayuba (Camprodon et al. 2016) o bien mediante apertura de pequeños claros. De esta forma se estimula la fructificación y el crecimiento de las ericáceas de porte bajo en forma de mosaico, hábitat para el urogallo, pequeños mamíferos y terreno de caza para el mochuelo boreal (figura 47).
- En densas y extensas formaciones arbustivas de rododendro (densidades >80 % y altura >80 cm), se puede experimentar en la mejora del hábitat de caza desbrozando pequeños claros (figura 48). Por ejemplo, de unos 5 m de radio y de contorno irregular, repartidos por la zona y a poder ser sin conectar con senderos o pasos de fauna para no favorecer la entrada de ungulados y depredadores y con posaderos de caza dentro del claro o en sus bordes. Al cabo de 10-15 años estos claros siguen funcionales (Camprodon et al., 2016).



Figura 47. Fotos hemisféricas del dosel arbóreo antes y después de ejecutar claras para favorecer especies arbustivas de frutos carnosos. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.



Figura 48. Matorral muy denso y alto de rododendro desbrozado mediante pequeños claros para favorecer la cría del urogallo y que es óptima como cazadero de mochuelo boreal, ya que permite la capturabilidad de presas. Se favorece el crecimiento y fructificación del arándano. Se procura que el perímetro sea irregular asemejándose a la distribución natural del sotobosque en el monte. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.

Regeneración del estrato arbóreo

- Las masas irregulares regeneradas pie a pie, por grupos o por pequeños bosquetes que se adaptan a las condiciones particulares del terreno (microestación ecológica) permiten mantener en el tiempo y en el espacio estructuras de arbolado favorables para el mochuelo boreal. Permiten estructuras heterogéneas de distintas clases de edad en mosaico que favorecen también a las demás especies forestales, como el urogallo o los picos.
- Si la regeneración se efectúa por bosquetes de cierto tamaño (orientativamente hasta 1000 m²), conviene que estén repartidos en el rodal, no contiguos. En bosquetes grandes mantener árboles semilleros en reserva en grupos pequeños de 4-8 árboles que abarcarían aproximadamente el 10-20 % del bosquete (figura 49).
- En estructuras regulares o semirregulares regeneradas por aclareo sucesivo uniforme, las cortas preparatorias y diseminatorias son compatibles con territorios de cría de mochuelo boreal, si se respetan los árboles con cavidades.

- Tanto estos rodales tras las cortas finales, como los fustales bajos densos y medios son evitados como hábitat de cría. Tras las cortas finales el mochuelo boreal puede utilizar estos rodales como áreas de caza, si dispone de posaderos (pinos remanentes, regenerado avanzado, tocones altos, figura 50), mientras la cobertura arbustiva y el reclutamiento de nuevo regenerado formen un mosaico abierto, que no cubra orientativamente más del 50 %. Cuando se alcanza un latizal denso estos rodales también son evitados como cazaderos.

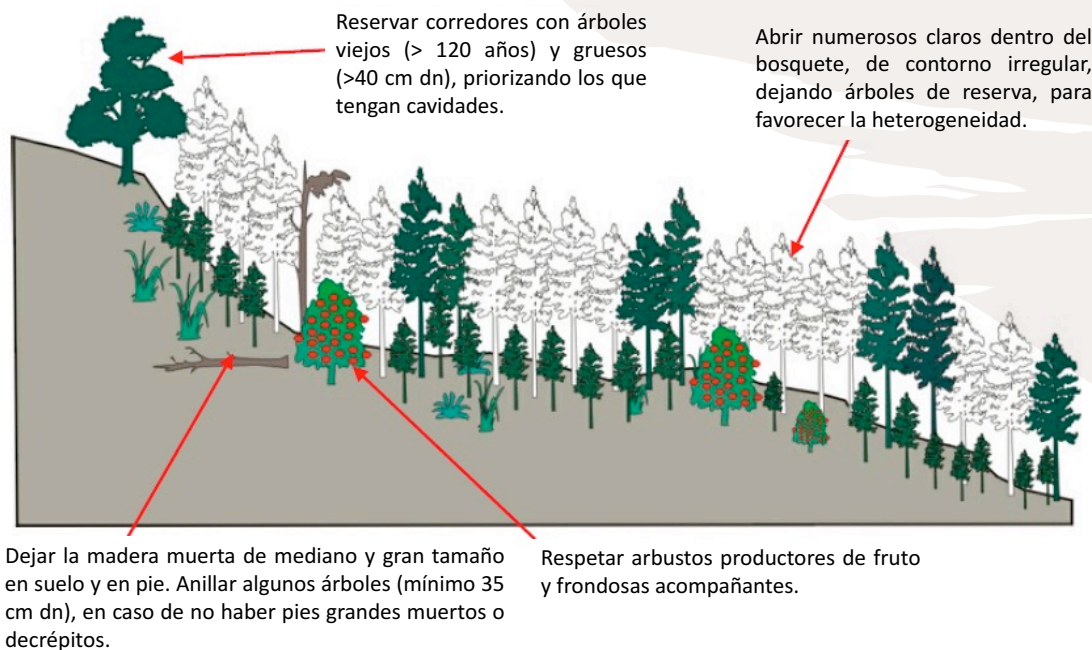


Figura 49. Distribución de elementos importantes para la biodiversidad en el interior de un bosque de gran tamaño. Adaptado de Ménoni et al., 2012.



Figura 50. Tocón alto, en sotobosque en mosaico, ideal como posadero para mochuelo boreal para el oteo de caza. El viejo tocón ha ofrecido microhábitats para invertebrados y un hormiguero se ha apoyado en su base. Autor: Grup de Biologia de la Conservació-CTFC.

Claros dentro del rodal

- La existencia de pequeños claros dentro del rodal aumenta la irregularidad del rodal y crea zonas de alto interés para los pequeños mamíferos (figura 51). Se crearán pequeños claros a lo largo del rodal, con un diámetro mínimo de 1-1,5 veces la altura dominante. En bosques de cabecera (pino negro, con pendiente) es la dimensión idónea para mantener la estabilidad del manto nival. En función de lo que se conserve sobre el terreno priorizar grupos de regenerado avanzado y de arbustivas productoras de fruto carnoso.
- Esta medida es especialmente relevante en montes con cobertura arbórea continua y con poca o nula mosaicidad.



Figura 51. Claro con regenerado gestionado mediante silvicultura próxima a la naturaleza. Bosc d'Aràns, La Cerdanya. Autor: Jordi Camprodon.

Madera muerta

- Preservar la madera muerta en pie de un grosor mínimo correspondiente a la clase diamétrica 25 cm, aunque para el mochuelo son mejores estacas a partir de la clase diamétrica 35 cm. La madera muerta en pie proporciona sustrato de cría y alimentación para los picos.
- Es importante mantener toda la madera muerta en el suelo que se produce por dinámica natural del bosque y pequeñas perturbaciones (figura 52). Esta acción es preceptiva en los montes públicos franceses. La madera muerta proporciona alimento y refugio a los pícidos y a los pequeños mamíferos y es utilizada como atalaya de caza por el mochuelo boreal. En bosques sin casi sotobosque es el único refugio que pueden tener los pequeños mamíferos por lo que la medida cobra especial relevancia.
- En rodales afectados por grandes perturbaciones (como el temporal Gloria de enero de 2020) que hayan partido o tumbado gran cantidad de árboles, retirar la madera comercializable y dejar la madera partida de mediano y gran tamaño en pie (mejor si forma pequeños grupos repartidos por el rodal) y parte de la madera en suelo. En los bosques protectores, no intervenir, al tratarse de un proceso natural. Plantear poner trampas de feromonas para escolítidos en caso necesario.



Figura 52. Mosaico de sotobosque con abundante madera muerta en suelo producto de cortas, refugio para pequeños mamíferos. Autor: David Guixé.

3.5. Gestión forestal a escala de árbol-nido

La baja disponibilidad de cavidades naturales, especialmente en coníferas, conlleva que el mochuelo boreal tenga que utilizar básicamente nidos viejos de pico para nidificar. Dentro de esta escala el objetivo es mantener los árboles con nidos de pícidos y tener una reserva de árboles de porte adecuado como sustitución a corto y medio plazo. Para esta labor es esencial saber cómo identificar los árboles importantes por sus microhábitats, tales como las cavidades (árboles a reservar) y el marcaje de los árboles a cortar y/o reservar.

Promoción de árboles con cavidades

- Un buen territorio dispone de cavidades en número suficiente para asegurar la rotación anual de la cría, así como cavidades de emergencia en caso de necesidad de reposición de puestas por depredación, competencia o por derrumbe del árbol nido (figura 53). En buenos territorios en hayedos de los Pirineos atlánticos se han encontrado entre unos 10 y 20 árboles/ha con cavidades (Auria, 2013), mientras que, en pinares de pino negro de los Pirineos orientales, el máximo era de 4 árboles/ha, en fustal alto con árboles de hasta 120 años (Rota, 2021), densidad que se estima relativamente baja. Se recomienda proporcionar una densidad mínima de 5 árboles/ha con cavidades e ideal entre 10 y 20 pies/ha. Para el conjunto de aves que crían en cavidades se han recomendado estas mismas densidades en hayedos (Camprodon, 2013), aunque en este caso, se incluían cavidades de distintos tipos y tamaños, las más pequeñas, aptas para carboneros y herrerillos, pero no para rapaces nocturnas.
- Las densidades anteriores pueden conseguirse preservando distintas tipologías de árbol, que proporcionaran cavidades existentes y el recambio de cavidades a corto y medio plazo:
 - Árboles con cavidades completas de pícido: en preferencia picamaderos negro, pero también son agujeros completos de pito real, pico picapinos y pico dorsiblanco (en hayedo-abetal).
 - Árboles de futuro muertos en pie de tronco recto y desramado por lo menos 4 m, a partir de clase diamétrica 25 cm, mucho mejor de clase 35 cm o superior (figura 54).

- Árboles del tamaño anterior con síntomas de decrepitud; por ejemplo, aquellos que presentan señales de utilización por picos.
- Árboles de gran tamaño, que se aproximen o superen la mitad de la longevidad natural de la especie. A partir de los 150-200 años de edad una conífera empieza a mostrar heridas y procesos de descomposición que con el tiempo conforman cavidades que puede utilizar el mochuelo.
- Distribuir los árboles de futuro a lo largo y ancho del rodal, en grupos de 3-5 buenos árboles que puedan proporcionar cavidades naturales o ser seleccionados por los pícidos para construir sus nidos, especialmente en zonas de buena estructura como áreas de caza.
- Otra forma de proporcionar cavidades de futuro es mediante el anillando de pies de porte adecuado, de un mínimo de clase diamétrica 35 cm, a poder ser en grupos de 3-5 repartidos por el rodal. Van a facilitar la excavación de nidos por el picamaderos negro a medida que entren en decrepitud. En caso de no disponer en el rodal árboles de este tamaño, pueden anillarse árboles de clase diamétrica 25-30 cm, que ya son aptos para el pico picapinos y el pito real (figura 55).



Figura 53. Abundante madera muerta tumbada por un vendaval. Incluye árboles-nido para mochuelo boreal. Es importante proveer abundantes estacas de grosor y altura adecuadas como recambio para los nidos. Autor: Jordi Dalmau.



Figura 54. Mochuelo boreal en su nido en una estaca vieja de pino negro. El Ripollés, Cataluña. Autor: Jordi Bermejo.

Cuadro 1. Anillado y debilitamiento de árboles

El anillado consiste en la remoción completa de una banda de corteza y madera externa del árbol (floema y cambium) de unos 10-20 cm de ancho y a poca profundidad, la suficiente para que alore la albura. El árbol anillado irá decayendo con los años y constituirá un sustrato idóneo para que los pícidos construyan sus nidos. Con el objetivo de favorecer a los picos, anillar pies cuanto más gruesos y con troncos rectos y desramados mejor. Pueden aprovecharse pies que ya presenten síntomas de decaimiento.

Otra opción es seleccionar pies con malformaciones, bifurcados en altura y sin apenas valor comercial, pero serán menos del agrado de los picos. Es preferible emplazarlos fuera de las vías de saca y de los senderos y caminos, para la seguridad de los trabajadores y transeúntes, y para no estorbar las labores de saca.



Figura 55. Proceso de anillado de un pino. Se puede practicar con motosierra o hacha. Autor: Jordi Camprodon.

Instalación de refugios

Cuando las cavidades existentes son escasas pueden instalarse niales especialmente diseñados para el mochuelo boreal (figura 56). Para evitar la depredación es muy recomendable instalar un modelo que incorpore medidas de defensa, como una plancha forrando la misma caja para que el carnívoro no pueda llegar al agujero o con una plancha metálica de mínimo 1,5 m alrededor del tronco que evite que pueda trepar hacia la caja desde el suelo (figura 56). También es importante situar la caja en un árbol separado de otros árboles codominantes, para que un mustélido no pueda saltar al árbol con nidal desde un árbol vecino. Algunos gestores o investigadores no emplazan medidas contra la depredación, al considerar ésta como un proceso que forma parte dinámica ecológica del bosque. Sin embargo, si el objetivo es recuperar una especie en un estado de amenaza, se recomienda poner medidas antidepredación.

La instalación de niales debe entenderse transitoria como herramienta de conservación. Por otro lado, son un recurso muy útil para el seguimiento de las poblaciones de mochuelo boreal, por ejemplo, para conocer el éxito reproductor, variable muy asociada a la disponibilidad de presas, que a su vez depende de la calidad del hábitat, las perturbaciones y las condiciones meteorológicas interanuales.

Korpimäki (1985) establece un tamaño óptimo de la cubeta de las cajas nido en 20x20 cm. La orientación de las cajas nido tiene una influencia en el tamaño de la puesta: las cajas colocadas en las orientaciones el sur y el sureste del tronco tienen tamaños de puesta mayores que los de otras orientaciones (López et al., 2010), atribuible a un mayor confort térmico. Sin embargo, los niales con fuerte insolación pueden sufrir problemas de pulgas y otros parásitos llevados por las presas (J. Guillén, com. pers.).



Figura 56. Modelos de niales para mochuelo boreal. Arriba izquierda, modelo de la casa Schwegler construido con “cemento de madera”; arriba derecha, modelo convencional con tablas de madera; abajo izquierda, modelo “fuste vaciado” con chapa metálica a modo de sistema antidepredación; abajo derecha, el mismo modelo durante una inspección mediante cámara endoscópica insertada en percha telescópica. Autores: Enric Badosa (fotos superiores), Jordi Guillén (fotos inferiores).

Cuadro resumen de orientaciones de gestión

El gestor de espacios naturales debe disponer de la información necesaria (cartografía de áreas críticas, emplazamiento de árboles nido y nidales, etc.) para conocer la importancia de su área de gestión para las poblaciones de mochuelo boreal y poder trasladarla a la planificación de sus montes.

Gestión en las áreas críticas

- Áreas críticas: el área de cría y las áreas de caza o alimentación a lo largo del año, que pueden o no solaparse.
- Lugar de reproducción. Un buffer de 10 m alrededor de los nidos reocupados varios años, en el que no se debe de alterar la estructura forestal y un buffer de 50 m en el que no se pueden realizar labores forestales durante el periodo de cría (1/03-31/07).

Gestión forestal a escala de paisaje

- La conservación del mochuelo boreal depende del mantenimiento y potenciación de un paisaje en mosaico que combine bosques (estructura de fustal alto), pastizales manchados de arbustos y canchales.
- Potenciar la existencia de grandes claros y el efecto ecotono mediante su fragmentación ocasional o el adhesionamiento de algunos rodales de bosque, en una proporción de un 10-20 % dentro de un perímetro de unos 400 m alrededor de los nidos.
- Favorecer el desarrollo y mantenimiento de una orla de bosque maduro en las zonas ecotónicas (canchal-bosque, prado-bosque).
- Regular las cargas ganaderas sin superar las 0,5 UGM/ha. Realizar exclusiones para el ganado doméstico y salvaje en pequeñas parcelas, tanto en zonas forestales como en pastizales.
- Evitar la alteración de los canchales y la homogeneidad estructural de los ecotonos.
- Planificar la regeneración de modo que las etapas jóvenes (monte bravo, latizal, fustal bajo) se distribuyan de manera alterna con las zonas vecinas de fustal alto o rodales reservados para su evolución natural.
- Destinar un mínimo del 10 % de la superficie forestal de bosque subalpino como reserva de rodales o bosques maduros a evolución natural, libre de intervenciones.

Gestión forestal a escala de rodal

- La estructura arbolada ideal en pinares de pino negro y pino silvestre, la FCC se encuentra entre el 30 y 70 %, con un área basimétrica orientativa de 30-35 m²/ha, concentrada preferentemente en árboles de clases diamétricas superiores (por ejemplo, entre 450 y 650 pies/ha de diámetros medios entre 30 y 35 cm).
- La estructura ideal del sotobosque es un mosaico abierto de matorral y regenerado que no supere el 50 % de recubrimiento. Pueden realizarse claras para mejorar coberturas de arándano, gayuba y otras arbustivas productoras de fruto y desbroce de claros en densas matas de rododendro para facilitar la captura de presas.
- Potenciar un 10-20 % de superficie de claros a lo largo del rodal, con un diámetro mínimo de 1-1,5 veces la altura de los árboles circundantes.
- Mantener toda la madera muerta de mediano y gran tamaño que se produce de forma ordinaria mediante dinámica natural sujeta a perturbaciones de baja intensidad.
- Evitar la alteración indiscriminada del sotobosque durante los trabajos de aprovechamiento forestal, seleccionando estratégicamente las vías de saca.
- Proporcionar estructuras de fustal alto/maduro de cubierta continua, regeneradas pie a pie, por grupos o por pequeños bosquetes. Los bosquetes no deben de superar los 1.000 m² y deben estar separados por corredores de hábitat óptimo.
- En bosquetes grandes dejar 4-8 árboles semillero el 10-20 % de la superficie del bosquete.
- En estructuras regulares o semirregulares regeneradas por aclareo sucesivo uniforme, las cortas preparatorias y aclaratorias son compatibles con territorios de cría de mochuelo boreal, si se respetan los árboles con cavidades. Tras las cortas finales los rodales son evitados como hábitat de cría. Puede utilizar estos rodales como áreas de caza en las primeras etapas tras las cortas finales. Cuando se forman latizales densos los rodales ya no son usados.

Gestión forestal a escala de árbol-nido

- Reservar un elenco de árboles de futuro que proporcionen un recambio de cavidades a largo plazo: 10-20 árboles/ha distribuidos de manera homogénea por el rodal escogidos entre las siguientes tipologías.
 - Árboles con cavidades completas de pícido; árboles de futuro muertos en pie de tronco recto y desramado por lo menos 4 m, a partir de clase diamétrica 25 cm, mucho mejor de clase 35 cm o superior; árboles del tamaño anterior con síntomas de decrepitud; árboles de gran tamaño, que se aproximen o superen la mitad de la longevidad natural de la especie.
 - Distribuir los árboles en las áreas de buena estructura como cazaderos.
 - Cuando hay escasos árboles de futuro pueden proporcionarse anillando pies de porte recto de un mínimo de clase diamétrica 35 cm. En caso de no disponer en el rodal árboles de este tamaño, pueden anillarse árboles de clase diamétrica 25-30 cm.
- Cuando las cavidades existentes son escasas pueden instalarse nidales especialmente diseñados para el mochuelo boreal. Es muy recomendable incorporar medidas antidepredación.







Figura 57. Elementos a tener en cuenta en el hábitat del mochuelo boreal, en la ilustración, un pinar de pino negro con rododendro y arándano. Árboles sanos, decrépitos y estacas de gran tamaño, que proporcionan sustrato para los nidos de picamaderos negro, el pito real y el pico picapinos, llegando a formar, a veces, cavidades viejas con agujeros múltiples. Madera muerta tumbada de distintos tamaños, pequeños grupos de regenerado de pino, matas de arándanos, rododendro, frambuesos, herbáceas, rocas y canchales, ecotonos con pastizales, enebros y piornos, todos ellos microhábitats para pequeños mamíferos, como el ratón de campo, el ratón leonado, el topillo nival y el topillo agreste. Tocones naturales o cortados altos, usados como atalayas de caza. El mismo hábitat es compartido por los ungulados, el urogallo y depredadores-competidores del mochuelo boreal, como la marta y el cárabo. Dibujo: Toni Llobet.

Referencias

- Alamany, O. 1989. Situación de la lechuza de Tengmalm en el Pirineo español. *Quercus*, 44: 8-15.
- Alcántara, M. 1989. Análisis de la distribución altitudinal de la fauna de micromamíferos de la Sierra de Guadarrama. *Acta Biológica Mont.*, 9: 85-92.
- Alonso, C.L., Carbonell, R., de Carrión, M.L., Monedero, C., Santos, T. 1998. Edge effects and patterns of winter abundance of wood mice *Apodemus sylvaticus* in Spanish fragmented forests. *Acta Theriol. (Warsz.)*, 43: 255-262.
- Auria, J.C. 2013. *Rapport de synthèse de 13 années d'étude sur le suivi de la chouette de tengmalm dans les forêts publiques des Pyrénées-atlantiques*. Office National des Forêts.
- Badosa, E., Bonada, À., López, A., Potrony, D., Saló, R. 2007. Long-distance movement of a Tengmalm's Owl *Aegolius funereus* recorded in the Pyrenees, Spain. *Revista Catalana d'Ornitologia*, 23: 44-47.
- Baudvin, H., Dessolin, J. L., Riols, C. 1985. L'utilisation par la martre (*Martes martes*) des nichoirs chouettes dans quelques forêts bourguignonnes. *Ciconia*, 9(2): 61-104.
- Broggi, J., Copete, J.L., Kvist, L., Mariné, R. 2013. Is there Genetic Differentiation in the Pyrenean Population of Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*? *Ardeola*, 60: 123-132.
- Bernis, F. 1966-1971. *Aves migradoras ibéricas*. Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Bleach, M. 1892. *Colección Universal de Animales Insectívoros*. Barcelona.
- Camprodon J. 2013. *Ecologia i conservació dels ocells forestals. Un manual de gestió de la biodiversitat en boscos catalans*. CTFC y Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. Recurso digital.
- Camprodon, J., Campión, D., Martínez-Vidal, R., Onrubia, A., Robles, H., Romero, J.L., Senosiain, A. 2007. Estatus, selección del hábitat y conservación de los pícidos ibéricos. En Camprodon, J., Plana, E. (eds.). *Conservación de la biodiversidad, fauna vertebrada y gestión forestal*. 2ª edición. Edicions Universitat de Barcelona. Pp. 391-434.
- Camprodon, J., Guixé, D., García-Ferré, D., Omedes, P. 2016. Como lograr un mejor hábitat para el urogallo en los Pirineos. *Quercus*, 36(6): 14-20.
- Castro, A., Munoz, A. R., Real, R. 2008. Modelling the spatial distribution of the Tengmalm's owl *Aegolius funereus* in its southwestern Palaearctic limit (NE Spain). *Ardeola*, 55, 71-85.
- Cramp, S. 1983. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East, and North Africa: the birds of the western Palearctic*, Vol. 4. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Dalmau, J., Mariné, R., Martínez-Vidal, R., Canut, J., García, D. 2000. El mussol de Tengmalm a la Cerdanya, el Pallars Sobirà i el Principat d'Andorra: noves localitats de cant i reproducció (1990-1998). *Anuari Ornitològic de Catalunya 1997*.
- Díaz, M., Asensio, B., Tellería, J. L. 1996. *Aves Ibéricas. Volúmen I. No Passeriformes*. J. M. Reyero Editor. Madrid.
- De Marinis, A.M., Masseti, M. 1995. Feeding habits of the pine marten *Martes martes* L., 1758, in Europe: a review. *Hystrix It. J. Mamm.*, 7: 1-2.
- Duchateau, S. 2013. Note sur le régime alimentaire de la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans les Pyrénées occidentales. *Le Casseur d'Os*, 13: 123-126.
- Estrada, J., V. Pedrocchi, L. Brotons, S. Herrando (eds.). 2004. *Atles dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*. Institut Català d'Ornitologia (ICO), Lynx Edicions, Barcelona.
- EUROPARC-España. 2017. *El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad*. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.
- Fiedler, C., Friederici, E. P., Petrucio, M., Denton, C., Hacker, W. D. 2007. Managing for old growth in frequent-fire landscapes. *Ecology and Society*, 12(2): 20.
- Gerber, A., Bassin, A. 2001. Reprises jurassiennes de Chouettes de Tengmalm *Aegolius funereus* baguées en Allemagne. *Nos Oiseaux*, 48: 233-234.
- Hakkarainen, H., Koivunen, V., Korpimäki, E., Kurki, S. 1996. Clear-cut areas and breeding success of Tengmalm's owls *Aegolius funereus*. *Wildl. Biol.*, 2: 253-258.
- Hakkarainen, H., Korpimäki, E., Koivunen, V., Kurki, S. 1997. Boreal owl, responses to forest management: A review. *Raptor Res.*, 31: 125-128.
- Hakkarainen, H., Korpimäki, E., Laaksonen, T., Nikula, A., Suorsa, P. 2008. Survival of male Tengmalm's owls increases with cover of old forest in their territory. *Oecologia*, 155: 479-486.
- Hayward, G. D., Hayward, P. H., Garton, E. O. 1993. Ecology of Tengmalm's owls in the north-ern Rocky Mountains. *Wildlife Monographs*, 124: 1-59.
- Ibáñez, J. Antón, I. Beltzunge, E. López, I., González-Esteban, J. 2020. Situación del mochuelo boreal (*Aegolius funereus*) y primera nidificación confirmada en el pirineo navarro. *Munibe, Cienc. nat.*, 68. Donostia/San Sebastián.
- Jäderholm, K. 1987. Diets of the Tengmalm's Owl *Aegolius funereus* and the Ural Owl *Strix uralensis* in Central Finland. *Ornis Fennica*, 64: 149-153.
- Joveniaux, A., Durand, G. 1987. Gestion forestière et écologie des populations de chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*) dans l'Est de la France. *Rev. Eco. (Terre Vie)*, Suppl. 4: 83-96.
- Koopman, M.E., Hayward, G.D., McDonald, D.B. 2007. High connectivity and minimal genetic structure among North American boreal owl (*Aegolius funereus*) populations, regardless of habitat matrix. *The Auk*, 124: 690-704.
- Koopman, M.E., McDonald, B.D., Hayward, D.G., Eldegard, K., Sonerud, A.G., Sermach, G.S. 2005. Genetic similarity among Eurasian subspecies of boreal owls *Aegolius funereus*. *J. Avian Biol.*, 36: 179-183.
- Korpimäki, E. 1985. Clutch size and breeding success in relation to nest-box size in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Ecography*, 8: 175-180.
- Korpimäki, E. 1987. Selection for nest-hole shift and tactics of breeding dispersal in Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*. *J. Anim. Ecol.*, 56(1): 185-196.
- Korpimäki, E. 1988. Diet of breeding Tengmalm's Owls *Aegolius funereus*: long-term changes and year-to-year variation under cyclic food conditions. *Ornis Fennica*, 65: 21-30.
- Korpimäki, E., Hakkarainen, H. 2012. *The boreal owl. Ecology, behaviour and conservation of a forest-dwelling predator*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Korpimäki, E., Huhtala, K., Sulkava, S. 1990. Does the year-to-year variation in the diet of Eagle and Ural Owls support the alternative prey hypothesis? *Oikos*, 58: 47-54.
- Korpimäki, E., Lagerström, M., Saurola, P. 1987. Field Evidence for Nomadism in Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*. *Ornis Scandinavica*, 18(1): 1-4.
- Korpimäki, E., Sulkava, S. 1987. Diet and breeding performance of Ural Owls *Strix uralensis* under fluctuating food conditions. *Ornis Fennica*, 64: 57-66.
- Laaksonen, T., Hakkarainen, H., Korpimäki, E., 2004. Lifetime reproduction of a forest-dwelling owl increases with age and area of forests. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 271: 461-464.
- López, B.C., Potrony, D., López, A., Badosa, E., Bonada, A., Saló, R. 2010. Nest-box use by boreal owls (*Aegolius funereus*) in the Pyrenees Mountains in Spain. *J. Raptor Res.*, 44: 40-49.
- Maluquer Sostres, J. 1981. *Els ocells de les terres catalanes*. Editorial Barcino. Barcelona.
- Marchesi, P., Mermod, P. 1989. Régime alimentaire de la martre (*Martes martes* L.) dans le Jura suisse (Mammalia: Mustelidae). *Rev. Suisse Zool.*, 96: 127-146.

- Mariné, R., Dalmau, J. 2000. Uso del hábitat por el mochuelo boreal *Aegolius funereus* en Andorra (Pirineo oriental) durante el periodo reproductor. *Ardeola*, 47(1): 29-36.
- Mariné, R., Dalmau, J., Torre, I., Martínez-Vidal, R. 2007. Importancia de la gestión forestal y de las comunidades de pequeños mamíferos en la estrategia de conservación del mochuelo boreal en la vertiente sur de los Pirineos. En Camprodon, J., Plana, E. (eds.). *Conservación de la biodiversidad, fauna vertebrada y gestión forestal*. 2ª edición. Edicions Universitat de Barcelona. Pp. 376-390.
- Mariné, R., Lorente, L., Dalmau, J., Bonada, À. 2003. Mochuelo boreal *Aegolius funereus*. En Martí, R., del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/Birdlife. Madrid. Pp. 326-327.
- Mariné, R., Lorente, L., Dalmau, J., Bonada, À. 2004. Mochuelo boreal, *Aegolius funereus*. In Madroño, A., González, C., Atienza, J.C. (eds.). *Libro rojo de las aves de España*. Dirección General de Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid. Pp. 291-293.
- Ménoni, E., Favre-Ayala, V., Cantegrel, R., Revenga, J., Camprodon, J., García, D., Campion, D., Riba, L. 2012. *Réflexion technique pour la prise en compte du Grand tétras dans la gestion forestière pyrénéenne*. FORESPIR, Union Européenne, DREAL-Midi-Pyrénées. Toulouse.
- Hagemeijer, W. J. M., Blair, M. J. 1997. *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance*. T & A D Poyser. London.
- Mikkola, H. 1983. *Owls of Europe*. T. & A. D. Poyser. Calton.
- Norberg, R.Å. 1970. Hunting technique of Tengmalm's owl *Aegolius funereus* (L.). *Ornis Scandinavica*, 1(1): 51-64.
- ONF. 2009. *Instruction n° INS-09-T-71 relative aux Ilots de vieux bois*. Office National des Forêts.
- Pirovano, A.R., Zecca, G. 2014. Black Woodpecker *Dryocopus martius* habitat selection in the Italian Alps: implications for conservation in Natura 2000 network. *Bird Conserv. Int.*, 24: 299-315.
- Prodon, R., Alamany, O., García-Ferré, D., Canut, J., Novoa, C., Dejaifve, P.A. 1990. L'aire de distribution pyrénéenne de la chouette de Tengmalm *Aegolius funereus*. *Alauda*, 58: 233-243.
- Rajkovic, D. Z. 2018. Diet composition and prey diversity of Tengmalm's owl *Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758; Aves: Strigidae) in central Serbia during breeding. *Turkish Journal of Zoology*, 42: 346-351.
- Ravussin, P.A., Henrioux, P., Henrioux, F., Trolliet, D., Longchamp, L., Morel, M., Beaud, M. 2016. Régime alimentaire de la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans le massif du Jura. *Nos Oiseaux*, 63 (3): 215-226.
- Ravussin, P.A., Trolliet, D., Béguin, D., Willenegge, R. L., Matalon, G. 2001. Observations et remarques sur la biologie de la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans le massif du Jura suite à l'invasion du printemps 2000. *Nos Oiseaux*, 48 (4): 235-246.
- Ravussin, P.A., Trolliet, D., Daenzer, C., Longchamp, Romailier, K., Métraux, V. 2015. Quel avenir pour la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans le massif du Jura? Bilan de trente années se suivi. *Nos Oiseaux*, 62: 5-28.
- Recoder, L., Villero, D. 2018. Mapa de calidad de hábitat potencial de mochuelo boreal (*Aegolius funereus*) en los Pirineos. POCTEFA HABIOS. Inédito.
- Robion, C. 2012. Petites chouettes: 10 années de suivi dans une vallée du Mercantour. *L'Oiseau magazine*, 14: 51.
- Rota, M. 2021. Disponibilitat de cavitats en territoris de mussol pirinenc *Aegolius funereus* a l'estatge subalpí dels Pirineus orientals. Trabajo final del grado en ciencias ambientales. Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya. Inédito.
- Saurola, P. 2002. Natal dispersal distances of Finnish owls: results from ringing. En Newton, I., Kavanagh, R., Olsen, J., Taylor, I. (eds.). *Ecology and Conservation of Owls*. CSIRO Publishing, Collingwood. Pp. 42-55.
- Sonerud, G.A. 1985. Nest hole shift in Tengmalm's owl *Aegolius funereus* as defence against nest predation involving long-term memory in the predator. *J. Anim. Ecol.*, 54(1): 179-192.
- Sonerud, G.A., Solheim, R., Jacobsen, B.V. 1986. Home-range use and habitat selection during hunting in a male Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Fauna Nor. Ser. C., Cinclus*, 9: 100-106.
- Sorbi, S. 2013. La chouette de Tengmalm en Belgique. *Actes des Premières rencontres du réseau national Petites Chouettes de Montagne*. LPO-ONF.
- Tellería, J.L., Santos, T., Alcántara, M. 1991. Abundance and food-searching intensity of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in fragmented forests. *J. Mammal.*, 72: 183-187.
- Tornberg, E. P., Korpimäki, E., Reif, V., Jungell, S., Mykrä, S. 2005. Delayed numerical response of goshawks to population fluctuations of forest grouse. *Oikos*, 111: 408-415.
- Torre, I., Raspall, A., Arrizabalaga, A., 2013. Seguimiento de micromamíferos comunes (O.Soricomorpha y O.Rodentia) de España (red SEMICE): Informe Final. Inédito.
- Torre, I., Viñuela, J., Martínez, J., Díaz, R. 1999. Efectos del pastoreo del ganado vacuno sobre la distribución y abundancia de micromamíferos en pastizales de montaña del Sistema Central. *Resúmenes IV Jorn. SECEM*. Pp. 117-118.
- 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.







www.habios.eu

