

Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales

Publicación incluida en el programa editorial del suprimido Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y editada por los actuales Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica (de acuerdo con la reestructuración ministerial establecida por Real Decreto 355/2018, de 6 de junio).

Edita



Colaboradores



Editores: David Guixé y Jordi Camprodon

Autores: Juan Tomás Alcalde¹, Jordi Camprodon^{1,2,3}, David Guixé^{1,2}, Carlos Ibáñez^{1,4}, Ramón Jato^{1,5}, Luis Lorente¹, María Napal¹, Óscar de Paz^{1,6}, Ana Popa-Lisseanu¹ y Elena Roca¹

¹ SECEMU, Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos

² Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya

³ Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

⁴ Estación Biológica de Doñana, CSIC

⁵ SARGA, Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental

⁶ Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad de Alcalá de Henares y SECEMU

Diseño y maquetación: Punto Verde, S.A.

Edita: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica.

ISBN: 978-84-491-1521-9

NIPO: 013-18-097-8

Depósito legal: M-15869-2018

Imprime: Punto Verde, S.A.

Cita recomendada: Guixé, D. y Camprodon, J. 2018. *Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.

Cita recomendada por capítulos: Napal, M. e Ibáñez, C. 2018. Murciélagos y bosques. En: Guixé, D. y Camprodon, J. 2018. *Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.

Foto portada: Murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteini*). Autor: Jordi Bas.



Madrid, 2018

Índice

Presentación	13
Capítulo 1. Los murciélagos Ibéricos	15
1.1. Especies y cuadro ecológico	19
1.2. Importancia de los murciélagos en el control de plagas de insectos y la conservación de los bosques	20
1.3. Legislación y estado de conservación	20
Capítulo 2. Murciélagos y bosques	27
2.1. Murciélagos forestales	29
2.2. Fenología y organización social	30
2.3. Dieta y ecología trófica	34
2.4. Actividad diaria y climatología	36
2.5. Murciélagos forestales y tipos de bosque	36
2.6. Refugios	37
Capítulo 3. Quirópteros arborícolas o especialistas forestales	41
3.1. Nóctulo pequeño (<i>Nyctalus leisleri</i>)	43
3.2. Nóctulo mediano (<i>Nyctalus lasiopterus</i>)	48
3.3. Nóctulo grande (<i>Nyctalus noctula</i>)	53
3.4. Murciélago barbastela (<i>Barbastella barbastellus</i>)	58
3.5. Orejudo dorado (<i>Plecotus auritus</i>)	62
3.6. Murciélago de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	66
3.7. Murciélago ratonero bigotudo (<i>Myotis mystacinus</i>)	70
3.8. Murciélago ratonero bigotudo de Alcaethoe (<i>Myotis alcaethoe</i>)	74
3.9. Murciélago ratonero forestal (<i>Myotis bechsteinii</i>)	78
3.10. Murciélago ratonero gris itálico (<i>Myotis cf. nattereri</i>)	82
Capítulo 4. Paisaje forestal	87
4.1. El paisaje a diferentes escalas	89
4.2. Variables relevantes a escala de paisaje	90
4.3. Topografía local	91
4.4. Puntos de agua	92
4.5. Heterogeneidad del paisaje: el valor del paisaje en mosaico	93
4.6. Ecotonos	97
4.7. Fragmentación	98
4.8. Conectividad	99

Capítulo 5. Estructura del rodal	101
5.1. Heterogeneidad	103
5.2. Madurez	106
5.3. Dehesas y espacios abiertos con árboles	107
Capítulo 6. Cavidades y tipología de refugios	109
6.1. Formación de cavidades	111
6.2. Factores de selección	114
6.3. Tipología de cavidades	119
6.4. Competencia por las cavidades	123
Capítulo 7. Cajas-refugio	125
7.1. ¿Cuándo usar cajas-refugio?	127
7.2. Tipología de cajas	127
7.3. Colocación	130
7.4. Otras consideraciones de interés	135
Capítulo 8. Afecciones al hábitat de los murciélagos	139
8.1. El estado de conservación de los hábitats de los murciélagos forestales en España	141
8.2. Épocas sensibles para los murciélagos forestales	142
8.3. Actuaciones que afectan a la calidad del hábitat forestal de los murciélagos	143
8.4. Otras afecciones sobre los murciélagos forestales	148
Capítulo 9. Metodologías de estudio y seguimiento	151
9.1. Capturas	153
9.2. Marcaje	157
9.3. Métodos de estudio en refugios de murciélagos forestales	163
9.4. Detectores de ultrasonidos	165
9.5. Modelización	167
Capítulo 10. Propuesta de plan de seguimiento de murciélagos forestales amenazados en España	173
10.1. Introducción al seguimiento y la monitorización	175
10.2. Objetivos	176
10.3. Acciones por desarrollar y metodología	177
10.4. Métodos propuestos para el seguimiento de las especies arborícolas amenazadas	179

Capítulo 11. Criterios de gestión y conservación	193
11.1. Gestión a escala de árbol	195
11.2. Gestión a escala de rodal	206
11.3. Gestión a escala de paisaje	222
Agradecimientos	237
Glosario	241
Bibliografía	251

Presentación

La biología de la conservación ha adquirido el compromiso de identificar y dar a conocer aquellas medidas que pueden mejorar el estado de conservación de las poblaciones de las especies amenazadas. Las medidas deben ser testadas para verificar si funcionan y finalmente, pero no menos importante, hay que darlas a conocer. Por supuesto, es especialmente interesante que lleguen a aquellas personas que pueden aplicarlas.

Eso es precisamente lo que pretenden estas ambiciosas directrices técnicas: identificar las medidas de gestión más adecuadas y ponerlas a disposición de todos, incluyendo los gestores del medio natural. Las Directrices Técnicas abordan la conservación de los murciélagos forestales, y lo hacen a través de la gestión de su medio, incluyendo la necesidad del estudio y seguimiento de los quirópteros. El objetivo final es de gran importancia, ya que la conservación de los murciélagos supone un reto enorme. De hecho, su estatus de protección legal, tanto en España como en el conjunto de la Unión Europea refleja esta relevancia. Así, deben intensificarse los esfuerzos para lograr que todas sus especies alcancen un estado de conservación favorable.

Los murciélagos forestales, en particular, por las dificultades que entraña su estudio y seguimiento, están entre los peor conocidos en España. Su estado de conservación, tendencias poblacionales, el efecto de las amenazas que les afectan e, incluso, el efecto de las medidas que se aplican para su conservación son raramente conocidos en profundidad. Lo que sí es bien conocido -más allá de toda duda razonable- es que su gestión es inseparable de la de su medio y, por tanto, se plantea el importante reto de integrar su conservación en la gestión forestal.

Como ayuda incuestionable para encauzar el cumplimiento de este objetivo surge este manual de conservación y seguimiento de los murciélagos forestales, sin duda llamado a convertirse en publicación de referencia en esta materia. Por eso, es muy importante que lleguen al mayor número posible de personas, tanto en el ámbito científico como, sobre todo, en el técnico, muy especialmente a los gestores ambientales. Aquí deben considerarse incluidos tanto los encargados de asegurar la conservación de los murciélagos como, por supuesto, los gestores del medio forestal. La labor de éstos últimos, además de dirigida a garantizar la productividad forestal, debe incluir el empleo de las mejores prácticas para favorecer a las biodiversidad, y en particular a especies amenazadas como algunos quirópteros forestales. Éstos, además, son aliados naturales con gran potencial para ayudar, a través del control biológico que ejercen, a que muchos invertebrados no lleguen a convertirse en plagas forestales.

En definitiva, los contenidos de este manual reflejan de modo brillante la necesidad de esta simbiosis. Sin duda deben ser un elemento fundamental para fomentar la aplicación de prácticas adecuadas, basadas en el conocimiento científico, que permitan que gestión forestal y conservación de quirópteros forestales puedan encontrarse y avanzar en sintonía.

Ricardo Gómez Calmaestra

Jefe del Servicio de Vida Silvestre

Subdirección General de Biodiversidad y Medio Natural

Ministerio para la Transición Ecológica

Capítulo 1

Los murciélagos ibéricos

Coordinación: Luis Lorente

Los murciélagos constituyen un grupo de mamíferos muy rico en especies, unas 1.200 en el mundo, que ocupan una enorme variedad de hábitats en todos los continentes, excepto en la Antártida. Suponen el 20% de las especies de mamíferos, solo superados por el orden de los roedores. Tienen unos rasgos propios y presentan unas adaptaciones muy particulares; en especial, tienen la capacidad de volar y de orientarse en la oscuridad, gracias a un sistema de orientación denominado ecolocación. Otras características destacables son la capacidad de hibernar y su longevidad, en relación con su tamaño.

Los quirópteros han sido un grupo faunístico tradicionalmente poco conocido y estudiado. Esto se ha debido, en gran parte, a sus costumbres nocturnas y discretas, que dificultan su observación. La situación ha mejorado recientemente con la aparición de métodos sofisticados para su identificación y detección. Durante los últimos años han logrado despertar un mayor interés, aunque no el suficiente, y su estudio está permitiendo conocer mejor algunos aspectos básicos como son su distribución y abundancia. Estos conocimientos son necesarios para lograr su conservación de forma eficiente.

1.1. Especies y cuadro ecológico

En el Estado español han sido citados en estado silvestre un total de 34 especies (tabla 1.1), incluido el murciélago egipcio, una especie exótica e invasora que se introdujo por escapes no intencionados en la isla de Tenerife y que posteriormente fue erradicada. Dos especies, el murciélago de Madeira, y el orejudo canario, se encuentran en el archipiélago canario y otra, el murciélago ratonero moruno, en Ceuta y Melilla. En la península ibérica y el archipiélago balear hay 31 especies de murciélagos. Gracias a técnicas de estudio de marcadores moleculares se ha podido confirmar durante los últimos años la presencia de nuevos taxones de murciélagos, principalmente de los géneros *Myotis*, *Plecotus*, *Pipistrellus* y *Eptesicus*. Es muy probable que se describan otras nuevas especies crípticas durante los próximos años.

Los murciélagos se pueden agrupar por su ecología y el tipo de refugios diurnos que suelen ocupar (tabla 1.1). Los que utilizan refugios subterráneos, como cuevas y minas abandonadas, son denominados **cavernícolas** o **troglófilos**. Los que se refugian en árboles son los murciélagos **arborícolas** o **cavícolas** y a los que utilizan grietas se les denomina **fisurícolas**. No todos son usuarios de un solo tipo de refugio en exclusiva, y pueden combinarlos en función de su disponibilidad y necesidades a lo largo del ciclo anual.

Buena parte de las especies de murciélagos, ya sean cavernícolas o fisurícolas, utilizan los bosques para obtener refugio y alimento, debido a la abundancia de presas que ofrece este ambiente. Las especies de costumbres más forestales (arborícolas) han evolucionado muy ligadas al bosque y no han cambiado sus hábitos de forma sustancial, como sí lo han hecho otras que se han adaptado a las nuevas oportunidades y transformaciones que surgieron con la creciente actividad humana en los ecosistemas. Algunas especies, como los nóctulos, se refugian casi exclusivamente en orificios de los árboles, la mayoría creados por pájaros carpinteros, pero cazan en ambientes que no siempre son forestales, como cultivos, jardines y humedales.

1.2. Importancia de los murciélagos en el control de plagas de insectos y la conservación de los bosques

Los murciélagos son, junto con las aves insectívoras, los principales vertebrados depredadores de insectos en los ecosistemas. Sin la presencia de estos depredadores, las poblaciones de insectos podrían convertirse en plagas, con el consiguiente impacto negativo en la conservación y la explotación económica de los montes o humedales. Además, la utilización de tratamientos químicos para el control de plagas no siempre es eficaz y su utilización tiene efectos secundarios indeseables en otros seres vivos, incluyendo a los humanos.

El papel que los murciélagos juegan en el control de las poblaciones de insectos dañinos y su utilidad se está demostrando con numerosos estudios. Un ejemplo de ello es la relación que se ha podido comprobar entre la mariposa nocturna de la procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*) y los murciélagos (Charbonnier *et al.*, 2015), de forma que se observa una coincidencia espaciotemporal entre este lepidóptero y los murciélagos. El consumo de estos insectos por parte de los murciélagos consigue disminuir significativamente la abundancia del imago de la procesionaria durante el periodo de vuelo de las polillas, lo que da lugar a una regulación efectiva de esta plaga forestal. Otro ejemplo que demuestra la importancia de los murciélagos en la agricultura es el efecto beneficioso y el impacto económico que se han conseguido fomentando la presencia de la especie *Pipistrellus pygmaeus* en los cultivos de arroz en el delta del Ebro con la instalación de refugios artificiales (Puig-Montserrat *et al.*, 2015). La población de murciélagos que se ha instalado en ellos consume anualmente una enorme cantidad del insecto barrenador del arroz (*Chilo suppressalis*), de tal modo que se ha reducido la aplicación de los costosos tratamientos agroquímicos que se utilizan. Más recientemente se ha encontrado que el murciélago de cueva (*Miniopterus schreibersii*) incluye en su dieta numerosos insectos que constituyen importantes plagas agroforestales a lo largo de Europa, entre las que se encuentran algunas tan emblemáticas como la procesionaria (Aizpurua *et al.*, 2018).

1.3. Legislación y estado de conservación

Todas las especies de murciélagos están protegidas por varias leyes europeas, nacionales y regionales. En el marco comunitario, los murciélagos están protegidos por la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en sus artículos 11 y 17.1.

En el Estado español, los murciélagos están protegidos en los artículos, 9, 11, 47, 53, 54.2 y 55.1 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y en el artículo 9 del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. A escala autonómica, muchas comunidades han elaborado sus catálogos regionales de especies amenazadas en función de su estado de conservación en sus territorios, complementándose con el Catálogo Español. Algunas comunidades, muy pocas por el momento, han redactado planes de recuperación de algunas especies amenazadas.

Tabla 1.1. Especies silvestres de murciélagos en régimen de protección especial (Real Decreto 139/2011). Se especifica su estatus en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011), así como en los anexos II y IV de la Directiva 92/43/CEE (Directiva Hábitats).

Nombre	Especies	Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011)	Directiva 92/43/CEE
Murciélago grande de herradura	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago mediterráneo de herradura	<i>Rhinolophus euryale</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago mediano de herradura	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago pequeño de herradura	<i>Rhinolophus hipposideros</i>		Anexos II y IV
Murciélago ratonero grande	<i>Myotis myotis</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago ratonero mediano	<i>Myotis blythii</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago ratonero moruno	<i>Myotis punicus</i>		Anexo IV
Murciélago ratonero forestal	<i>Myotis bechsteinii</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago ratonero pardo	<i>Myotis emarginatus</i>	Vulnerable	Anexos II y IV
Murciélago ratonero gris ibérico	<i>Myotis escaleraei</i>		Anexo IV
Murciélago ratonero gris itálico	<i>Myotis cf. nattereri</i>		Anexo IV
Murciélago ratonero ribereño	<i>Myotis daubentonii</i>		Anexo IV
Murciélago ratonero patudo	<i>Myotis capaccinii</i>	Peligro de extinción	Anexos II y IV
Murciélago ratonero bigotudo	<i>Myotis mystacinus</i>	Vulnerable	Anexo IV
Murciélago ratonero bigotudo de Alcahoé	<i>Myotis alcahoae</i>		Anexo IV
Murciélago de borde claro	<i>Pipistrellus kuhlii</i>		Anexo IV
Murciélago de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>		Anexo IV
Murciélago enano	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		Anexo IV
Murciélago de Cabrera	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>		Anexo IV
Murciélago de Madeira	<i>Pipistrellus maderensis</i>		Anexo IV
Murciélago montañero	<i>Hypsugo savii</i>		Anexo IV
Nóctulo pequeño	<i>Nyctalus leisleri</i>		Anexo IV
Nóctulo mediano	<i>Nyctalus noctula</i>	Vulnerable	Anexo IV
Nóctulo grande	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Vulnerable	Anexo IV
Murciélago bicolor	<i>Vespertilio murinus</i>		Anexo IV
Murciélago hortelano	<i>Eptesicus serotinus</i>		Anexo IV
Murciélago hortelano mediterráneo	<i>Eptesicus isabellinus</i>		Anexo IV
Murciélago barbastela	<i>Barbastella barbastellus</i>		Anexos II y IV
Orejudo alpino	<i>Plecotus macrobullaris</i>		Anexo IV
Orejudo dorado	<i>Plecotus auritus</i>		Anexo IV
Orejudo gris	<i>Plecotus austriacus</i>		Anexo IV
Orejudo canario	<i>Plecotus teneriffae</i>	Vulnerable	Anexo IV
Murciélago de cueva	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Vulnerable	Anexo II y IV
Murciélago rabudo	<i>Tadarida teniotis</i>		Anexo IV



Figura 1.1. Murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*). Foto: Jordi Bas.



Figura 1.2. Orejudo gris (*Plecotus austriacus*). Foto: Jordi Bas.



Figura 1.3. Murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*). Foto: David Guixé y Jordi Camprodon - CTFC.



Figura 1.4. Murciélago ratonero bigotudo de Alcaethoe (*Myotis alcaethoe*). Foto: Jordi Bas.

Tabla 1.2. Ecología de las especies de murciélagos de España. • sedentario; •• migraciones cortas; ••• migrador. Ocupación de cajas: -; no utiliza; +; uso muy esporádico; ++; uso en algunas ocasiones; +++: uso muy frecuente. Fuente: elaboración propia.

Especte	Nombre castellano	Nombre catalán	Nombre euskera	Nombre gallego	Tipo de refugio	Hábitats de alimentación	Fenología	Dieta principal	Ocupante de cajas-refugio
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago grande de herradura	Ratpenat de ferradura gros	Ferra-saguzar handi	Morcego de ferradura grande	Cavemicola	Espacios agroforestales.	•	Lepidópteros, coleópteros.	-
<i>Rhinolophus euryale</i>	Murciélago mediterráneo de herradura	Ratpenat de ferradura mediterrani	Ferra-saguzar mediterraneo	Morcego de ferradura mediterraneo	Cavemicola	Espacios forestales y arbustivos mediterráneos.	•	Lepidópteros.	-
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Murciélago mediano de herradura	Ratpenat de ferradura mitjà	Mehelyi ferra-saguzar	Morcego de ferradura mediano	Cavemicola	Ambientes forestales y arbustivos mediterráneos.	•	Lepidópteros.	-
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Murciélago pequeño de herradura	Ratpenat de ferradura petit	Ferra saguzar txiki	Morcego de ferradura pequeño	Cavemicola	Espacios abiertos agrícolas, forestales y de natural.	•	Lepidópteros, dípteros, arañas.	-
<i>Myotis myotis</i>	Murciélago ratonero grande	Ratpenat rater gros	Saguzar arratoi-belari handi	Morcego rateiro grande	Cavemicola	Espacios abiertos con arbolado sin vegetación arbustiva.	••	Coleópteros, ortópteros.	+
<i>Myotis blythii</i>	Murciélago ratonero mediano	Ratpenat rater mitjà	Saguzar arratoi-belari erdian	-	Cavemicola	Espacios abiertos y prados de siega. Cultivos de secano.	••	Coleópteros, ortópteros, mantis, orugas.	-
<i>Myotis punicus</i>	Murciélago ratonero morano	Ratpenat rater affica	Saguzar arratoi-belari maular	Morcego rateiro africano	Cavemicola	Busca alimento en espacios abiertos y matigues forestales.	•	Ortópteros, lepidópteros.	-
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murciélago ratonero forestal	Ratpenat de Bechstein	Bechstein saguzar	Morcego de Bechstein	Arboricola	Bosques caducifolios o mixtos maduros.	•	Coleópteros, dípteros, arañas, dermapteros, orugas.	++
<i>Myotis emarginatus</i>	Murciélago ratonero patido	Ratpenat d'orelles dentades	Geoffroy saguzar	Morcego de orellas dentadas	Cavemicola	Márgenes forestales y cultivos de frutales.	••	Arañas, neuropteros, lepidópteros.	-
<i>Myotis escalerai</i>	Murciélago ratonero gris ibérico	Ratpenat gris iberic	Cabrera saguzar	Morcego gris ibérico	Cavemicola	Zonas abiertas y forestales.	•	Lepidópteros, coleópteros, arañas.	-
<i>Myotis cf. nattereri</i>	Murciélago ratonero gris itálico	Ratpenat gris italic	Natterer saguzar	Morcego gris	Arboricola	Bosques montanos y subalpinos.	•	Arañas, orugas, dípteros.	+
<i>Myotis daubentonii</i>	Murciélago ratonero ribereño	Ratpenat d'aigua	Daubenton saguzar	Morcego de río	Fisuricola	Caza en cursos de agua lentos.	••	Dípteros, efímeras, neuropteros, himenópteros, peces pequeños.	+
<i>Myotis capaccinii</i>	Murciélago ratonero patido	Ratpenat de peus grossos	Saguzar hatz-luze	Morcego de pies grandes	Cavemicola	Se alimenta en cursos lentos y masas de agua.	••	Dípteros, tricópteros, neuropteros, himenópteros, peces pequeños.	-
<i>Myotis mystacinus</i>	Murciélago ratonero bigotudo	Ratpenat de bigotis	Saguzar bibotedun	Morcego bigotudo	Arboricola	Zonas forestales de montaña.	•	Lepidópteros, coleópteros y arañas.	+
<i>Myotis alcaethoe</i>	Murciélago ratonero bigotudo de Alcaethoe	Ratpenat de bigotis petit	Alcaethoe saguzar bibotedun	Morcego bigotudo pequeño	Arboricola	Bosques montanos maduros caducifolios con arroyos.	•	Pequeñas polillas, dípteros, neuropteros, arañas.	-
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Murciélago de borde claro	Pipistrella de vores clares	Kuhl pipistrela	Morcego de borde claro	Fisuricola	Espacios abiertos diversos.	•	Lepidópteros, himenópteros, coleópteros.	+++
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Murciélago de Nathusius	Pipistrella de Nathusius	Nathusius pipistrela	Morcego de Nathusius	Arboricola	Bosques caducifolios y de ribera, zonas húmedas.	•••	Dípteros, tricópteros, neuropteros.	+++
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Murciélago enano	Pipistrella comuna	Pipistrela arrunt	Morcego común	Fisuricola	Bosques abiertos, zonas urbanizadas.	•	Dípteros, himenópteros, neuropteros.	+++

<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Murciélago de Cabrera	Pipistrellus la nana	Pipistrello mediterraneo	Morcego anano	Fisurícola	Bosques caducifolios, humedales, cultivos de regadío.	•	Dipteros, himenópteros, neuroópteros, tricópteros.	+++
<i>Pipistrellus maderensis</i>	Murciélago de Madeira	Pipistrellus de Madeira	Pipistrello madeirar	Morcego de Madeira	Fisurícola	Caza en gran variedad de entornos, como cultivos, jardines, bosques, parques y repoblaciones.	•	Dipteros, lepidópteros, coleópteros.	+++
<i>Hypsugo savii</i>	Murciélago montañero	Ratpenat muntanyenc	Savi saguzar	Morcego montañero	Fisurícola	Cultivos, bosques y espacios abiertos.	•	Himenópteros, hemipteros, lepidópteros.	+
<i>Nyctalus leisleri</i>	Nóctulo pequeño	Nóctul petit	Leisler saguzar	Nóctulo pequeño	Arborícola	Caza principalmente en ambientes forestales y pastos.	•••	Lepidópteros, dípteros.	+++
<i>Nyctalus noctula</i>	Nóctulo mediano	Nóctul gros	Gau-saguzar arrunt	Nóctulo mediano	Arborícola	Caza en bosques caducifolios, humedales, bosques de ribera, parques.	•••	Dipteros, coleópteros, lepidópteros.	+++
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Nóctulo grande	Nóctul gegant	Gau-saguzar handi	Nóctulo xigante	Arborícola	Se alimenta en bosques, prados y humedales.	•••	Coleópteros, lepidópteros, libélulas, aves pequeñas.	+++
<i>Vesperugo murinus</i>	Murciélago bicolor	Ratpenat argentat	Saguzar kolore biko	Morcego de duas cores	Fisurícola	Espacios abiertos, humedales.	•••	Dipteros, hemipteros.	-
<i>Eptesicus serotinus</i>	Murciélago hortelano	Ratpenat dels graners	Baratze-saguzar	Morcego das hortas	Fisurícola	Bordes forestales, cultivos, parques, núcleos urbanos.	•	Dipteros, coleópteros, lepidópteros.	-
<i>Eptesicus isabellinus</i>	Murciélago hortelano mediterráneo	Ratpenat dels graners meridional	Baratze-saguzar isabeldar	Morcego das hortas meridional	Fisurícola	Ambientes mediterráneos abiertos y con vegetación arbustiva y arborea, y cultivos.	•	Dipteros, coleópteros, lepidópteros.	-
<i>Barbastella barbastellus</i>	Murciélago barbastela	Ratpenat de bosc	Baso-saguzar	Morcego das fragas	Arborícola	Bosques montanos, con diversidad de estructuras, superficies de arbores y sotobosques.	•	Lepidópteros pequeños, dípteros.	+
<i>Plecotus macrotullaris</i>	Orejudo alpino	Orellut alpi	Belarrihandi alpetar	Orelludo alpino	Fisurícola	Prados supra-forestales y alpinos.	•	Lepidópteros, dípteros, coleópteros.	-
<i>Plecotus auritus</i>	Orejudo dorado	Orellut daurat	Iparraldeko belarrihandi arre	Orelludo dourado	Arborícola	Bosques montanos de coníferas y hoja caduca.	•	Lepidópteros, dípteros, hemipteros, dermápteros, arañas.	++
<i>Plecotus austriacus</i>	Orejudo gris	Orellut gris	Hegoaldeko belarrihandi gris	Orelludo gris	Fisurícola	Caza en espacios abiertos como cultivos, praderas, jardines.	•	Lepidópteros, dípteros.	+
<i>Plecotus teneriffae</i>	Orejudo canario	Orellut canari	Belarrihandi kanariar	Orelludo canario	Cavernícola	Frecuente bosques de laurisilva y pinares.	•	Polillas, coleópteros.	-
<i>Miniotopterus schreibersii</i>	Murciélago de cueva	Ratpenat de cova	Schreibers saguzar	Morcego das covas	Cavernícola	Caza en las copas de árboles de bosques caducifolios, riberas y cultivos.	••	Lepidópteros, neuroópteros, dípteros.	-
<i>Tadarida teniotis</i>	Murciélago rabudo	Ratpenat cuallarg	Saguzar buztanlize europar	Morcego rabudo	Fisurícola	Caza en espacios abiertos diversos, cultivos o masas de agua.	•	Lepidópteros y coleópteros.	-

Capítulo 2

Murciélagos y bosques

Coordinación: María Napal y Carlos Ibáñez

2.1. Murciélagos forestales

Los ambientes forestales albergan recursos que son necesarios para la vida de muchas especies de quirópteros. La mayoría de las especies de murciélagos europeos utilizan las masas boscosas en algún momento de su vida, ya sea para cazar, hibernar, reproducirse, como refugio temporal, etc.

Algunas especies, como los murciélagos de herradura (*Rhinolophus* sp.), se refugian en cavidades o refugios subterráneos que pueden estar alejadas de zonas forestales, aunque utilizan frecuentemente los bosques para cazar. Otras especies, como varias del género *Pipistrellus*, tienen poblaciones que utilizan áreas forestales tanto para refugiarse como para conseguir alimento, aunque no de manera exclusiva, ya que otras muchas poblaciones utilizan hábitats agrícolas o urbanos. Por último, hay un grupo de especies que aparecen asociadas íntimamente a bosques a lo largo del año, puesto que utilizan para refugiarse exclusiva o principalmente oquedades en árboles y en mayor o menor medida consiguen el alimento en medios forestales. Estas son las que llamamos *murciélagos arborícolas* o *forestales estrictos*. Podemos considerar hasta 10 especies dentro de este grupo: nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*), nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*), nóctulo mediano (*Nyctalus noctula*), barbastela (*Barbastella barbastellus*), orejudo dorado (*Plecotus auritus*), murciélago de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*), murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*), murciélago ratonero bigotudo de Alcatheo (*Myotis alcathoe*), murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) y murciélago ratonero de Natterer (*Myotis* cf. *nattereri*) (tabla 1.2).

La diversidad de quirópteros forestales de una zona está influida por la disponibilidad de recursos como alimento, refugios o agua, así como por la heterogeneidad estructural del hábitat (Kunz, 1982; Hayes y Loeb, 2007). Todos estos factores dependen de las características naturales del bosque. Esto convierte a los murciélagos forestales en buenos indicadores de la calidad estructural del bosque; es decir, la ausencia o poca abundancia de estas especies en ciertos espacios naturales debe tomarse como un síntoma del pobre estado de conservación de sus bosques (Vaughan *et al.*, 1997; Grindal y Brigham, 1999; Swystun *et al.*, 2001; Kusch *et al.*, 2004; Kusch e Idelberger, 2005; Flaquer *et al.*, 2007a).

La calidad del bosque como hábitat para murciélagos forestales está condicionada en buena medida por la gestión forestal. Por ejemplo, los árboles viejos, con huecos, muertos o deformados son los que ofrecen mayor cantidad de refugios a los quirópteros y otros pequeños vertebrados e invertebrados (Flaquer *et al.*, 2007). Sin embargo, en los aprovechamientos tradicionales estos pies son considerados como un lastre y, por tanto, acostumbran a ser eliminados por constituir posibles focos de plagas y enfermedades o simplemente por ser pies improductivos. No obstante, es posible compatibilizar una explotación forestal económicamente rentable con favorecer el hábitat de cría y de caza de unas u otras especies, así como gestionar y conservar los árboles de interés como refugio para los quirópteros. Lamentablemente, la dificultad de estudiar los quirópteros ha provocado que durante muchos años los investigadores no hayan tenido las herramientas suficientes para ofrecer medidas de gestión suficientemente detalladas al silvicultor, que le permitiesen aplicar medidas de gestión respetuosas con los quirópteros. Esta situación está cambiando desde hace algunos años.

2.2. Fenología y organización social

2.2.1. Ciclo anual

La práctica totalidad de las especies de murciélagos de nuestras latitudes comparten un ciclo biológico anual que se denomina ciclo de zonas templadas. Las hembras se agrupan para la cría a lo largo de la primavera formando colonias en las que los machos están mayoritariamente ausentes. Los partos, generalmente de una sola cría, tienen lugar desde finales de mayo hasta bien entrado julio, dependiendo del clima local y de la especie. Tras un periodo de lactancia aproximado de un mes y medio de duración, las crías alcanzan el tamaño de los adultos y comienzan a volar e independizarse. Al finalizar el verano y en el comienzo del otoño se inicia el periodo de celo y los apareamientos; a este le sigue una fase de acumulación de grasa que constituirá la reserva de energía que asegure la viabilidad de la hibernación, que puede durar hasta 5 meses en lugares fríos. Al finalizar la hibernación, a principios de la primavera, se reactiva el ciclo reproductivo de las hembras —que había sufrido una diapausa generalmente debida a un proceso de fecundación diferida— y da comienzo la gestación (figura 2.1).

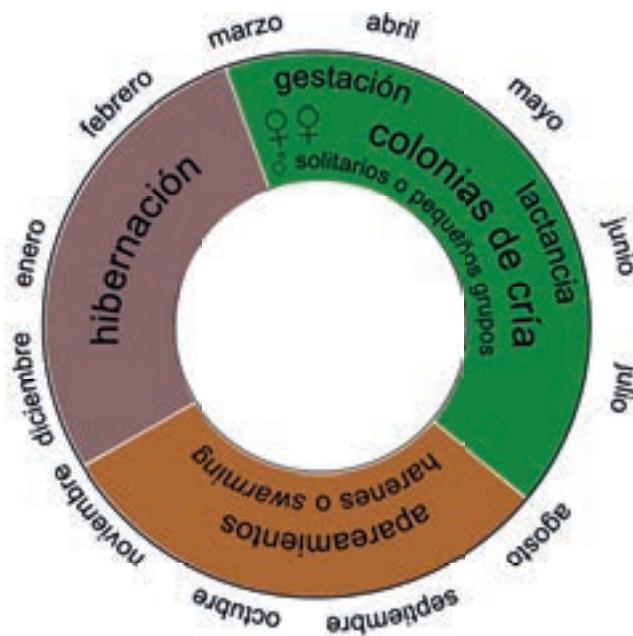


Figura 2.1. Ciclo biológico anual típico de los murciélagos de zonas templadas. Las fechas que delimitan los diferentes periodos varían dependiendo de la climatología de cada región. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Cría y lactancia: fisión - fusión

Los murciélagos son animales gregarios que viven en colonias que varían en su composición a lo largo del año. Durante la gestación y la lactancia las hembras forman colonias de cría, mientras que los machos permanecen solitarios o en grupos de menor entidad. Durante la hibernación las colonias suelen ser mixtas. El tamaño de las colonias depende en buena medida del tipo de refugio. En especies cavernícolas las colonias pueden estar formadas por cientos o miles de individuos, mientras que entre los murciélagos que se refugian en árboles las agrupaciones normalmente están compuestas por unas pocas decenas de individuos.

La organización social de las especies de murciélagos forestales muestra algunas peculiaridades. Durante el periodo de cría las colonias de hembras tienen una estructura característica conocida como *fisión-fusión*, parecida a la de algunos cetáceos y primates (Whitehead *et al.*, 1991). La colonia completa no ocupa la misma cavidad simultáneamente, sino que en cada momento las hembras de la colonia se reparten en grupos, que ocupan diferentes refugios, distantes entre sí decenas o centenas de metros. Estos grupos cambian de composición y de refugio cada pocos días. De este modo, la colonia en su conjunto ocupa una red de refugios en un área limitada, a la que son fieles año tras año (Kerth y König, 1999; Willis y Brigham, 2004). Las razones por las que se producen los cambios de refugio no acaban de estar claras, pero incluyen la reducción de los efectos de la depredación y los parásitos externos, la transferencia de información sobre nuevos refugios, la posibilidad de seleccionar refugios con condiciones óptimas en cada momento del ciclo biológico, el mantenimiento de la cohesión social, etc. Por ejemplo, en *Myotis bechsteinii* se ha observado que a lo largo de las semanas se va produciendo un desplazamiento altitudinal en los refugios utilizados, presumiblemente en relación con el momento reproductivo (figura 2.2). Este tipo de sociedades se han encontrado en *Myotis bechsteinii*, *M. cf. nattereri*, *Plecotus auritus*, *Nyctalus* sp. y *Barbastella barbastellus* (Kerth y König, 1999; Popa-Lisseanu *et al.*, 2008; Russo *et al.*, 2005; Zeus *et al.*, 2017). El número de refugios que utiliza cada colonia a lo largo de una temporada de cría varía desde unos 5-10 de *Plecotus auritus* hasta los 75 observados en *Myotis nattereri*, con valores intermedios en *Myotis bechsteinii* y *Nyctalus lasiopterus* (Zeus *et al.*, 2017; Popa-Lisseanu *et al.*, 2008). Esto tiene importantes implicaciones a la hora de diseñar estrategias para la conservación de estas especies, ya que cada colonia de cría requiere un importante número de refugios en su territorio. Por ello, no es suficiente concentrar los esfuerzos en la caracterización y conservación de los refugios individuales, como se ha venido haciendo (Jachowski *et al.*, 2016). Los planes de gestión y esfuerzos de conservación deben dirigirse a un área más amplia que los refugios conocidos, y deben procurar la existencia de una amplia red de refugios potenciales que puedan responder a las diferentes necesidades de la colonia a lo largo de todo el ciclo anual.

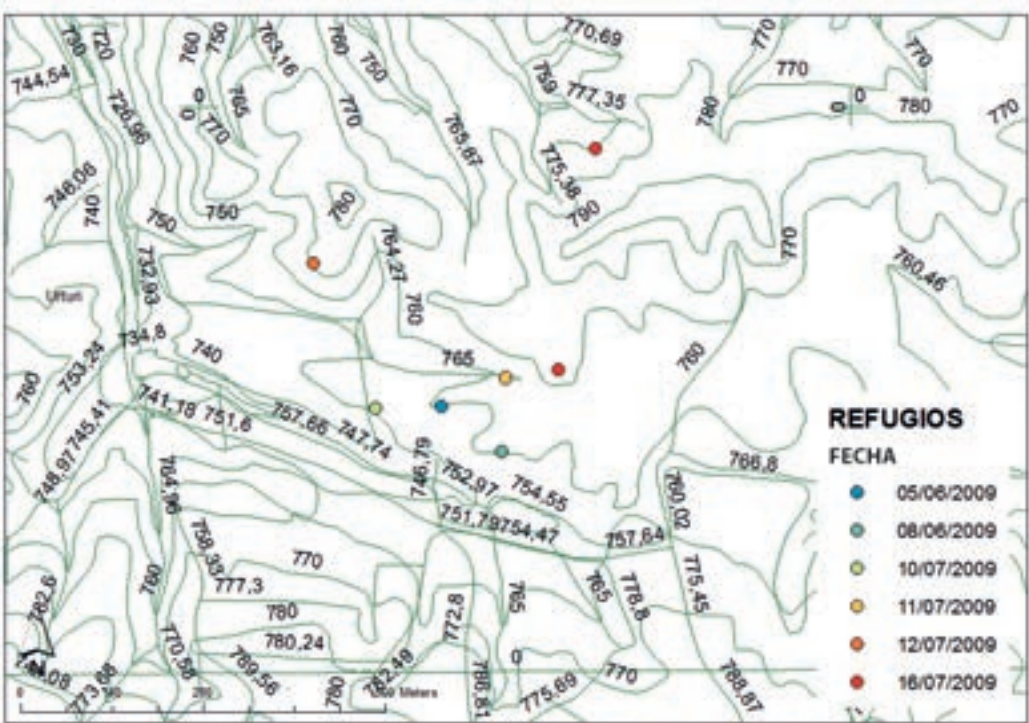


Figura 2.2. Cambio de refugios en verano en *Myotis bechstenii*. Fuente: María Napal.

2.2.3. Celo y reproducción

Durante el periodo de celo en algunas especies, y en especial en los nódulos, los machos ocupan individualmente refugios en árboles que defienden frente a otros machos y desde los cuales emiten unas llamadas sociales características para atraer hembras. Las hembras seleccionan los machos con los que quieren aparearse a través de la calidad de las llamadas y de las características del refugio. Los machos forman harenes que, en el caso del nódulo pequeño, pueden albergar hasta más de 10 hembras, aunque los harenes con 4 hembras o menos son los más numerosos en el norte de Italia y en Cataluña (Dondini y Vergari, 2009; Guixé y Camprodon, datos inéditos). Los murciélagos forestales europeos de los géneros *Myotis* y *Plecotus* comparten un comportamiento de selección de pareja durante el periodo de celo que es bien diferente al de los nódulos. Decenas de individuos de ambos sexos de distintas especies se reúnen en la entrada de cavidades subterráneas (figura 2.3), donde realizan frecuentes vuelos previos a los emparejamientos, que en cierto modo se asemejan a los de los enjambres de los insectos sociales y que reciben el nombre de *swarming* (Kerth *et al.*, 2003).



Figura 2.3. Grupo de murciélago ratonero pardo (*Myotis emarginatus*) en la entrada de una galería subterránea. Balaguer, Cataluña. Foto: David Guixé.

2.2.4. Hibernación y migración

La gran disminución en la disponibilidad de insectos que se produce durante el invierno en nuestras latitudes la resuelven los murciélagos insectívoros mayoritariamente recurriendo a la hibernación. En el caso de las especies forestales ibéricas no hay mucha información de cómo viven en ese periodo del año. Es muy posible que el grueso de los efectivos de los murciélagos forestales hiberne en huecos de árboles, aunque hasta ahora no se dispone de muchas observaciones y estudios. Algunas especies como la barbastela pasan la hibernación en refugios subterráneos naturales o artificiales fríos, donde se cuelgan de manera solitaria y dispersa por la cavidad. En una cueva en Cataluña se han contabilizado más de 50 ejemplares hibernando así. Se han observado *Nyctalus lasiopterus* que han pasado el invierno en cajas-refugio en cuyo interior se han alcanzado temperaturas de hasta -2 °C. También se han encontrado individuos aislados de otras especies en refugios subterráneos, o incluso en fisuras de rocas o edificios. Esta falta de registros durante el invierno puede deberse a sus preferencias durante la hibernación: en grietas estrechas y solitarios, lo que los hace poco visibles. De hecho, especies como *Myotis bechsteini*, *M. daubentonii* o *Plecotus auritus* son abundantes en el registro fósil de ciertas cavidades (Postawa, 2004).

Solo un pequeño número de especies de murciélagos europeos realizan, como complemento a la hibernación, migraciones de largo recorrido similares a las que llevan a cabo algunas aves.

Los desplazamientos de estos murciélagos llegan a superar el millar de kilómetros entre el centro y norte de Europa, donde crían, y los países mediterráneos donde hibernan (Hutterer *et al.*, 2005). La mayor parte de las especies migradoras son de hábitos forestales. Posiblemente esta circunstancia está relacionada con que los árboles que utilizan como refugio en el centro y norte de Europa no les aseguran temperaturas adecuadas que eviten riesgos de congelación durante la hibernación. Las poblaciones de murciélagos forestales que crían en España no realizan migraciones de largo recorrido, pero se sabe que la mitad norte de la península ibérica es lugar de paso de poblaciones de las especies del género *Nyctalus* que crían en Europa central (Alcalde *et al.*, 2013b; Ohlendorf *et al.*, 2000). Estos murciélagos pasan el invierno en zonas poco conocidas de la Península que pueden estar tan al sur como Madrid (Wohlgemuth *et al.*, 2004). Se tienen datos de *Nyctalus lasiopterus* que llegan para aparearse e hibernar en el noreste de Cataluña; a partir del estudio de sus isótopos, estos datos sugieren que podría haber colonias más al norte de París (Popa-Lisseanu *et al.*, en prep.).

2.3. Dieta y ecología trófica

2.3.1. Composición de la dieta

Los quirópteros europeos tienen una dieta insectívora que incluye otros artrópodos como arácnidos y quilópodos, aunque algunos pueden capturar otro tipo de presas, como pequeños peces en aguas remansadas (Almenar *et al.*, 2008) o paseriformes (Ibáñez *et al.*, 2001, 2016).

Entre los murciélagos insectívoros existen dos grandes estrategias de caza: la caza en vuelo (*aerial hawking*) y la caza sobre superficies como suelo, rocas, troncos u hojas (*gleaning*). El bosque proporciona multitud de nichos donde encontrar presas utilizando cualquiera de estas estrategias.

Entre los murciélagos forestales que cazan en vuelo, encontramos a los nóctulos, que utilizan principalmente espacios abiertos (por encima del bosque) y que incluyen en su dieta diversos grupos de insectos voladores (principalmente lepidópteros, dípteros y coleópteros); en cambio, barbastela (*Barbastella barbastellus*) caza en vuelo en zonas con mayor cobertura vegetal y es un especialista en el consumo de lepidópteros. Todos los murciélagos que cazan presas voladoras utilizan la ecolocación para detectarlas y capturarlas.

Otro grupo, que incluye a *Myotis bechsteinii*, *M. cf. nattereri* y *Plecotus auritus* (figura 2.4), captura sus presas mayoritariamente sobre superficies en el interior de bosque (*gleaning*). Su dieta es mucho más variada, incluyendo arácnidos, ortópteros, hemípteros, coleópteros, quilópodos o dermápteros, además de algunos lepidópteros o dípteros, que podrían recoger cuando se hallan posados sobre la vegetación, aunque ocasionalmente también pueden hacerlo cuando vuelan (Meschede y Heller, 2003; Siemers y Swift, 2006; Napal, 2011). En estos murciélagos la ecolocación pierde importancia a la hora de detectar las presas frente a un oído muy fino que es capaz de reconocer los ruidos producidos por estas presas desplazándose por el suelo. La extraordinaria capacidad auditiva de estos murciélagos se debe en gran medida al enorme desarrollo de los pabellones auditivos que presentan. Dado el amplio espectro de presas que pueden consumir,

son especies mucho más generalistas; además, puesto que no requieren que sus presas se encuentren en vuelo, se ven mucho menos afectadas por las condiciones climáticas (temperatura). Estas especies se ven favorecidas por la existencia de claros forestales, y una estructura vertical rica, que proporciona amplias superficies para la captura de presas.

De los murciélagos bigotudos, *Myotis mystacinus* se alimenta mayoritariamente de dípteros y *Myotis alcathoe*, de microlepidópteros. La mayor parte de las presas son capturadas en vuelo en el interior del bosque o en los bordes y preferentemente en las proximidades de zonas con agua, pero también consiguen algunas presas sobre superficies (Danko *et al.*, 2010; Vaughan, 1997).



Figura 2.4. Orejudo dorado (*Plecotus auritus*) cazando cerca de la vegetación. Foto: Jordi Bas.

2.3.2. Tamaño de los cazaderos

El tamaño de los territorios de caza de los murciélagos forestales está muy relacionado con su estrategia de caza. Las especies que cazan ya sea sobre superficies o en vuelo en el interior del bosque tienen áreas de campeo relativamente pequeñas (apenas se desplazan 1 km desde el refugio) (Napal, 2010). Por el contrario, las especies que cazan en vuelo en espacios abiertos, en concreto los nóctulos, pueden extender su área de influencia a varias decenas de kilómetros desde los refugios en zonas que no tienen por qué ser forestales, aprovechando su gran capacidad de desplazamiento (Popa-Lisseanu *et al.*, 2009; Camprodon y Guixé, 2013).

2.4. Actividad diaria y climatología

Los murciélagos están obligados a ser nocturnos para evitar la depredación y competencia con las aves, así como la deshidratación de las membranas que forman sus alas (Rydell y Speakman, 1995). El inicio de la actividad al atardecer y su duración a lo largo de la noche depende en gran medida de los requerimientos energéticos y de la disponibilidad de las presas (Jones y Rydell, 1994; Rydell *et al.*, 1996; Duvergé *et al.*, 2000). Muchos insectos voladores, especialmente los dípteros, tienen un pico de actividad al anochecer, cuando todavía hay luz, mientras que los grupos no tan voladores mantienen una actividad más sostenida a lo largo de la noche. De acuerdo con esto, los murciélagos cazadores aéreos pueden comenzar su actividad cuando todavía hay algo de luz, mientras que los que cazan sobre superficies lo hacen con oscuridad total, sin necesidad de arriesgarse a ser depredados por alguna ave diurna.

En las fases del ciclo biológico de mayores requerimientos energéticos —por ejemplo, durante la lactancia de las hembras—, la actividad suele comenzar antes y se extiende a lo largo de toda la noche, interrumpida por retornos al refugio de las madres para amamantar a la cría.

De forma general, la temperatura y el viento tienen una fuerte influencia sobre la actividad de los insectos, sobre todo los voladores. Así, la actividad de los murciélagos a lo largo de la noche normalmente es mayor durante las primeras horas, cuando la temperatura se mantiene más elevada y tienen más hambre, para disminuir luego bruscamente, aunque no cesa por completo. Por ejemplo, se ha observado un descenso de actividad por debajo de los 10 grados de temperatura en ambientes mediterráneos o submontanos y de los 6 grados en ambientes subalpinos de los Pirineos catalanes, con humedad relativa entre el 50 y el 90% (Guixé y Camprodon, datos inéditos).

A una escala más amplia, el efecto de la temperatura puede condicionar la composición específica de una zona. La temperatura disminuye conforme aumenta la altitud. Por esta razón, en bosques situados a gran altura la comunidad de murciélagos forestales puede ser relativamente pobre, aunque la estructura del bosque sea de gran calidad (con árboles viejos y con oquedades). En estos ambientes es frecuente que tan solo las especies más adaptadas a bajas temperaturas (*Barbatella barbastella*, *Plecotus auritus* o *Myotis mystacinus*) puedan completar el ciclo anual. Otras especies se limitan, en estas circunstancias, a tener poblaciones no reproductoras compuestas exclusivamente por machos (Ibáñez *et al.*, 2009).

2.5. Murciélagos forestales y tipos de bosque

La fauna de murciélagos forestales de las diferentes zonas de la península ibérica está condicionada, en primer lugar, por aspectos biogeográficos. En el norte de la Península pueden estar presentes todas las especies que se consideran estrictamente forestales, pero conforme se desciende en latitud hay una importante pérdida de especies, de manera que, por ejemplo, en la sierra del Guadarrama ya falta *Myotis alcaethoe*, en las sierras de Segura y Cazorla además se pierden *Myotis cf. nattereri*, *Plecotus auritus* y *Nyctalus noctula*, y en los bosques del Parque Natural de los Alcornocales solo se encuentran *Myotis bechsteini*, *Nyctalus lasiopterus* y *N. leisleri*.

En general, los bosques de frondosas albergan una mayor diversidad específica asociada a poblaciones más numerosas. Esto ocurre especialmente en robledales, quejigales, alcornocales,

bosques de ribera y, en menor medida, en hayedos. Los encinares puros son una excepción a esta norma, ya que solo en raras ocasiones incluyen en su fauna murciélagos estrictamente forestales, aunque cuenten con pies de gran tamaño. Los pinares suelen tener fauna más pobre, sobre todo en las repoblaciones, pero hay pinares extensos con numerosos pies maduros con huecos y nidos de pícidos, en ocasiones asociados a manchas de frondosas, que son una excepción, como Valsaín, montes de Teruel y sierras de Cazorla y Segura (figura 2.5), que cuentan con poblaciones excelentes de muchas de estas especies.



Figura 2.5. Pinar de pino rodeno, sierra de Albarracín, Aragón. Hábitat de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) y nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). Foto: Luis Lorente.

2.6. Refugios

Los murciélagos arborícolas se refugian, sobre todo, en cavidades de árbol, si bien es cierto que, ocasionalmente, pueden utilizar viejas edificaciones en el interior o en el borde del bosque durante la noche, o también cavidades naturales o estructuras artificiales como refugio de hibernación. Otras especies de hábitos fisurícolas también utilizan ocasionalmente cavidades en árbol como refugio, como *Pipistrellus pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *P. kuhlii*, *Hypsugo savii* o *Myotis daubentonii*.

Las cavidades en árbol suelen acoger grupos poco numerosos (de 5 a 50 individuos por grupo). La concentración de animales varía en función de la especie, de la época del año y de la productividad del hábitat (figura 2.6).



Figura 2.6. Colonia de cría de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) en un nido de pico picapinos abandonado en *Quercus canariensis* en La Almoraima (Castellar de la Frontera, Cádiz). Los ejemplares de la derecha, de menor tamaño y pelo más corto y menos rojizo, son jóvenes. Foto: Juan Quetglas.

Uno de los factores más limitantes para las especies forestales es, probablemente, la disponibilidad de refugios (Napal, 2011). Las colonias de cría de estas especies se han encontrado en bosques con árboles viejos, con abundante madera muerta y presencia de numerosas cavidades y grietas donde los murciélagos pueden refugiarse (Russo *et al.*, 2004). Sin embargo, un arbolado añoso no garantiza necesariamente la disponibilidad de buenos refugios: aunque los machos solitarios pueden refugiarse en desgarros, y ciertas especies (por ejemplo, *Barbastella barbastellus*) utilicen cortezas levantadas (Russo *et al.*, 2004), muchas otras más exigentes (como *Myotis bechsteinii* o *Nyctalus noctula*) muestran una acusada preferencia por cavidades de picido (Meschede y Heller, 2003) (figura 2.6), en ocasiones trabajadas por trepadores (*Sitta europaea*) para reducir el diámetro de la entrada (Napal *et al.*, 2009), donde ocupan zonas de alta densidad de cavidades del orden de pocas hectáreas. Estas especies son usuarios secundarios de cavidades (Sedgeley, 2001) que pueden verse condicionados por las preferencias de los usuarios primarios y por la dinámica natural de formación de cavidades (pudrición por hongos y otras causas). Así, pueden pasar varios años desde que la cavidad es abandonada hasta que alcanza el tamaño y la forma que proporcionan las condiciones termoenergéticas óptimas para los murciélagos (Greenaway y Hill, 2004). Por lo tanto, las políticas de gestión forestal deben procurar la preservación de la comunidad completa de aves nidificantes (figura 2.7).



Figura 2.7. Refugio típico de murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) excavado por pájaros carpinteros en un roble decaído con hongos yesqueros. Parque Natural de Izqui, Euskadi. Foto: Jordi Camprodon.

Capítulo 3

Quirópteros arborícolas o especialistas forestales

Coordinación: David Guixé y Elena Roca

A continuación, se describen las características biológicas y ecológicas de las 10 especies de murciélagos arborícolas ibéricas. Se incluyen datos básicos de morfología y biometría que permiten identificar a la especie, las señales de ecolocalización, la distribución global sucinta y la ibérica, el estado de protección y la categoría de conservación, la fenología, los hábitats de caza y refugio, así como datos de reproducción, alimentación y depredación. Finalmente, se proponen medidas de conservación específicas. Los mapas han sido elaborados por Luis Lorente a partir de la consulta a expertos y la base de datos de la SECEMU.

Para completar la información, en especial por lo que respecta a la identificación de las especies, pueden consultarse guías de referencia, como Dietz y Kiefer (2017) y Flaquer y Puig-Montserrat (2012). Las medidas de conservación se han adaptado a cada especie, recomendando áreas de protección más restrictivas y extensas en función de la rareza o del estado de conservación desfavorable. Pueden complementarse con las recomendaciones generales expuestas en el capítulo 11.

3.1. Nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*)



Figura 3.1. Nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). Valle de Benasque, Pirineos. Foto: Luis Lorente.

1. Morfología y biometría

Murciélago de tamaño medio (de unos 39-47 mm de antebrazo y hasta 23 g de peso). La longitud del antebrazo es un carácter diagnóstico básico para distinguirlo de los otros nótulos.

Tiene las alas largas y estrechas, el trago en forma de riñón y el pelaje corto y bicolor, más denso en la zona proximal del cuerpo y los brazos. Coloración dorsal de color castaño y región ventral marrón claro. La cara y las orejas son muy oscuras. Tiene frecuentemente pelo en la cara ventral de las alas, junto al brazo y el antebrazo.

2. Ultrasonidos

Emite señales de ecolocalización en FM de 9 a 14 ms de duración, con frecuencias de máxima energía entre 22 y 30 kHz. Emite una tipología de señales de tipo *plip plop*. Aun así, los ultrasonidos no se pueden distinguir de forma segura del resto de especies del género, por lo que se debe recurrir a la identificación en mano para un diagnóstico fiable.

3. Distribución

Se encuentra desde el oeste de Europa hasta la India. En la península ibérica tiene una distribución amplia pero discontinua. Parece estar más extendido en los sectores forestales de montaña o de tendencia eurosiberiana, donde llega a ser localmente abundante.



Figura 3.2. Distribución en España del nótulo pequeño (*Nyctalus leisleri*).
Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Juste y Paunović, 2016): LC («Preocupación menor»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «De interés especial».
- Atlas y Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): NT («Casi amenazado»).

5. Fenología

En la península ibérica es una especie presente todo el año. Los machos son sedentarios. Solo se han localizado colonias de cría en el sur peninsular. En el norte, las hembras llegan del centro de Europa tras el verano para aparearse con los machos locales y probablemente pasar el invierno, para volver en primavera a las áreas de cría.

Se la considera una especie migradora de larga distancia, con desplazamientos de más de 1.000 km. Por ejemplo, una hembra anillada el 12 de mayo de 1998 en Zichtau (Alemania) fue recapturada el 28 de septiembre de 1999 en Puras de Villafranca, Burgos (a 1.567 km lineales de distancia) y, de nuevo, en Dresde el 22 de mayo de 2001 (Ohlendorf *et al.*, 2000, 2001).

6. Hábitats de cría y caza

Murciélago forestal por excelencia, se encuentra sobre todo ligado a la presencia de caducifolios y ambientes de tendencia eurosiberiana, aunque también es frecuente en pinares y, en Andalucía, en bosques mediterráneos de alcornocos, quejigos y castaños. Se refugia principalmente en agujeros y grietas de árboles, pero puede ocupar grietas de acantilados y edificios rurales.

En época de cría puede utilizar tanto refugios en árbol como habitáculos humanos; en cambio, hiberna casi siempre en cavidades de árbol. Si bien es habitual que cace en ambientes arbolados abiertos o en umbrales de bosque, prefiere refugiarse en el interior del bosque.

En robledales y hayedos de Cataluña, en época de apareamiento se han hallado en podredumbres del tronco (43%), grietas del tronco (30%), nidos de picos (22%) y bifurcación del tronco (6%), de un total de 55 refugios en árbol. La mayoría de pies contenía una sola cavidad visible (76%) y el resto, entre 2 y 4 cavidades aptas por árbol (24%). Las cavidades utilizadas por individuos solitarios se emplazan más a menudo en cavidades más pequeñas y estrechas que las seleccionadas por las parejas y harenos. Las alturas de la cavidad estaban comprendidas entre 0 y 18 m (media de 8 m) y anchuras de tronco o rama de entre 12 y 75 cm de diámetro a la altura de la cavidad (media de 29,5 cm). La mayoría de cavidades ocupadas se localizaban en tronco (73%), otras en rama (21%) y unas pocas en tocón (5%), estas últimas a ras de suelo. La mayoría de árboles con cavidades ocupadas tenían síntomas de decrepitud (65%), bastantes eran vitales (31%) y unos pocos muertos (4%) (Camprodon y Guixé, datos inéditos).

El nóctulo pequeño es el murciélago forestal que ocupa más fácilmente las cajas-refugio emplazadas en el bosque (representa el 87% de las especies encontradas en cajas en Cataluña). Las ocupa sobre todo en otoño, desde agosto hasta noviembre, formando harenos de apareamiento. La ocupación es considerablemente mayor en masas forestales gestionadas con baja disponibilidad de refugios naturales, y muy escasa en bosques maduros con abundancia de cavidades (Camprodon y Guixé, 2007). Estos datos conducen a pensar que la disponibilidad de buenas cavidades en árbol es un factor influyente en la selección del hábitat a pequeña escala, sobre todo durante el *swarming*.

7. Reproducción

Los emparejamientos tienen lugar entre septiembre y octubre, época en la que se han detectado harenes en caja-refugio de hasta 9 hembras (Camprodon y Guixé, 2007, 2008). Las colonias de cría no son de muchos individuos: entre 20 y 30 si crían en los árboles. Se establecen en mayo y las crías nacen a primeros de junio. En la península ibérica solo se han encontrado hembras reproductoras en diferentes puntos de la mitad sur (sistema Central, Andalucía y Extremadura) en bosques de roble melojo, alcornoques, quejigos y castaños y, en menor medida, encinas y pinos (Ibáñez *et al.*, 2009).

8. Alimentación

Se alimentan en buena medida de lepidópteros, en porcentajes variables (13-46%) según su disponibilidad, dípteros, así como coleópteros y tricópteros, que cazan sobrevolando las copas de los árboles. En Cataluña se ha observado cazando entre 15-20 m del suelo. Sale de los refugios apenas se pone el sol y puede efectuar largos desplazamientos con vuelo rápido de hasta 50 km/h. Según observaciones propias, puede cazar en el bosque si la estructura es adecuada (espacio suficiente entre árboles) y hay abundancia de insectos voladores. En caso contrario, se desplaza más lejos de los refugios.

9. Depredación

Se tienen datos de rapaces nocturnas, como la lechuza, y de gatos domésticos.

10. Factores de amenaza

Su principal problema es la falta de masas forestales maduras que ofrezcan suficiente refugio, además de los efectos que puedan causar los parques eólicos situados en las rutas de paso de los grupos migratorios.

La pérdida de árboles viejos y/o árboles grandes muertos, de masas maduras de caducifolios, los incendios forestales, las perturbaciones de las colonias de cría y el uso de biocidas en los bosques son los principales factores de amenaza detectados en Europa.

También se han descrito la pérdida de la vegetación de ribera, la destrucción de márgenes arbolados y la intensificación de la agricultura, así como el aumento de obra civil (Aguirre-Mendi en Palomo *et al.*, 2007).

11. Conservación

- Identificar y proteger los árboles-refugio que albergan agrupaciones y procurar su mantenimiento y recambio en caso de que las perturbaciones los derrumben. Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-200 m alrededor de los árboles-refugio que concentran colonias de cría o invernada importantes.
- Promover que las actuaciones de gestión en bosques productivos aseguren la preservación

de refugios potenciales en árboles grandes muertos, decrepitos y viejos o con cavidades naturales o de pícidos. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.

- Las cajas-refugio son fácilmente ocupadas por el nóctulo pequeño. Priorizar su emplazamiento en lugares donde se han talado árboles viejos y en bosques jóvenes.
- Evitar la instalación de parques eólicos en sus rutas migratorias y en las cercanías de las colonias.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Es preciso realizar más prospecciones, con objeto de descubrir posibles colonias de cría en el norte ibérico y conocer mejor sus desplazamientos migratorios.



Figura 3.3. Nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). Fageda d'en Jordà, La Garrotxa, Cataluña.

Foto: Miguel Angel Fuentes.

3.2. Nóctulo mediano (*Nyctalus noctula*)



Figura 3.4. N0ctulo mediano (*Nyctalus noctula*). Navarra. Foto: Juan Tom1s Alcalde.

1. Morfolog1a y biometr1a

Murci3lago de tama1o grande (de unos 48-58 mm de antebrazo y 18-40 g de peso). La longitud del antebrazo es un car1cter diagn0stico b1sico para distinguirlo de los otros n0ctulos.

La cabeza es ancha y aplanada. Las orejas son anchas y relativamente cortas, aproximadamente redondeadas; el trago, como en las dem1s especies de su g3nero, es arri1onado. El hocico es corto y amplio. Los ojos son muy patentes, redondos y negros. Las alas son largas y estrechas, frecuentemente con pelo en la cara ventral, junto al brazo y el antebrazo. Las membranas alares se insertan en los tobillos.

El pelaje es muy denso y grueso, de color pardo-dorado y brillante (en ocasiones, rojizo), tanto en el dorso como en la zona ventral. Los pelos son de un solo color. Alas, orejas y hocico de color casta1o oscuro o casi negro.

2. Ultrasonidos

En vuelo emite dos tipos de ultrasonidos muy potentes, que comienzan en frecuencia modulada y finalizan en frecuencia constante: unos comienzan a 45 kHz y acaban a 23-24 kHz (frecuencia de mayor intensidad); otros, más duraderos y constantes, comienzan a 25 kHz y finalizan a 20-19 kHz (frecuencia de mayor intensidad). Estos últimos sonidos se pueden solapar con los de *Nyctalus lasiopterus*.

3. Distribución

Se reparte por Europa, Oriente Próximo, Asia, desde Turkmenistán a Siberia, y probablemente en el norte de África (Argelia) (Simmons en Wilson y Reeder, 2005).

Sus citas en España son escasas y se reparten de forma muy dispersa (Alcalde, 1999, 2007). En los últimos 30 años se ha observado en Guadalajara (Benzal *et al.*, 1991), San Román de Hornija, Valladolid (Ibáñez *et al.*, 1992), Ribafrecha, La Rioja (Aguirre-Mendi, 1996), Aranjuez, Madrid (Ruedi *et al.*, 1998), Pamplona y Sangüesa, Navarra (Alcalde, 1999), Lleida (Camprodón y Guixé, 2013), Girona y Zaragoza (Lorente *et al.*, 2014). Anteriormente fue encontrado en Sevilla (Cabrera, 1914). Existen, además, citas en Baleares (Munar Bernat, 1982), Álava (Onrubia *et al.*, 1996) y Huesca (Woutersen y Bafaluy, 2001), aunque se consideran más dudosas.



Figura 3.5. Distribución en España del nódulo mediano (*Nyctalus noctula*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Csorba y Hutson, 2016): LC («Preocupación menor»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (2011): «Vulnerable».
- Atlas y Libro Rojo de los Vertebrados de España (2007): VU B1 ab(iii); D1.

5. Fenología

Tan solo se conoce una colonia reproductora, situada en Aranjuez (Ruedi *et al.*, 1998). Las demás agrupaciones conocidas en la península ibérica están formadas únicamente por machos sedentarios en verano. A finales de agosto y durante septiembre, llegan numerosas hembras y machos, probablemente procedentes de Centroeuropa. Se forman entonces grupos de apareamiento, que están activos hasta noviembre. Entre noviembre y marzo se produce la hibernación. A comienzos de marzo se observa actividad nuevamente, y las hembras, junto con algunos machos, retornan a las áreas de reproducción situadas en el continente europeo.

6. Hábitats de cría y caza

Las citas ibéricas mencionadas se encuentran en altitudes medias, entre los 300 y 700 m, siempre cerca de cursos de agua. No obstante, se ha llegado a capturar a 1.923 m en migración en un collado de los Alpes (Aellen, 1962).

Suele cazar insectos voladores por encima de los 15 m de altura (a veces a más de 50 m), en cultivos, zonas despejadas como bordes de bosques y parques, riberas de ríos, vertederos e incluso sobre las farolas de algunas poblaciones (Kronwitter, 1988; Rachwald, 1992; Jones, 1995; Alcalde, 1999; Camprodon y Guixé, 2013). En Alemania se han registrado individuos volando a gran altura (250-500 m sobre el suelo) (Kronwitter, 1988). Aunque frecuentemente caza a pocos km de su refugio diurno (menos de 3 km), se han observado diversos movimientos nocturnos en los que se aleja más de 10 km (Kronwitter, 1988; Camprodon y Guixé, 2013).

7. Reproducción

En Europa se observa el comportamiento típicamente territorial del celo (machos solitarios chillando desde sus refugios durante la noche) desde el mes de agosto hasta el de octubre, ambos incluidos (Arthur y Lemaire, 1999). En Navarra, se han hallado machos con los testículos escrotales desde junio, aunque el comportamiento de celo no se ha observado hasta agosto. A partir de este mes, los machos se establecen individualmente (hasta entonces pueden convivir en grupos) en refugios en los que solo admiten a hembras, formándose los harenes, que pueden observarse hasta mitad de noviembre. Entonces se constituyen grupos de un macho con 1-6 hembras (media = 2,3 hembras; n = 15), aunque también hay machos solitarios (Alcalde, 1999). En el sur de Europa, donde las colonias de cría son muy escasas, las cópulas se producen entre hembras migradoras y machos dispersos en una gran superficie (Petit y Mayer, 1999).

Durante la hibernación, algunos machos son capaces de despertarse y copular con hembras

hibernantes en el mismo refugio, fenómeno que puede darse hasta finales de enero (Sluiter y Van Heerdt, 1966; Gaisler *et al.*, 1979).

En Europa Central, el desarrollo embrionario dura 70-73 días; los partos (una o dos crías generalmente) se producen a final de junio y en julio, y los jóvenes se independizan a las cuatro o seis semanas de vida (Sluiter y Van Heerdt, 1966; Gaisler *et al.*, 1979; Jones, 1995).

En España solo se tienen noticias de una colonia de cría, localizada en Madrid, cuya población se desconoce (Ruedi *et al.*, 1998). Este hallazgo resulta sorprendente, puesto que se encuentra a una latitud baja a más de 500 km de las colonias reproductoras más cercanas conocidas, situándose fuera del área reproductora característica de la especie (Strelkov, 2000).

Es un murciélago arborícola, que acostumbra a refugiarse en huecos de frondosas, producidos por picidos o por podredumbres, aunque también es posible hallarlo en cajas-refugio o en grietas de muros, edificios y puentes. Los refugios conocidos en España se sitúan en parques, donde utiliza distintas especies de árboles: castaños de indias, álamos, plátanos, fresnos, chopos, ailantos y arces, además de algunos huecos de paredes (Ruedi *et al.*, 1998; Alcalde, 1999; Campronon y Guixé, 2013). En Centroeuropa parece seleccionar las hayas sobre los robles pedunculados y otras especies (Kronwitter, 1988; Limpens y Bongers, 1991). Cambian de refugio con mucha frecuencia (Kronwitter, 1988). Puede hibernar tanto en huecos de árboles como en grietas de roquedos y construcciones humanas (Gebhard, 1984; Alcalde, 1999; Boye *et al.*, 1999). En Alemania y Francia se conocen agrupaciones de hibernación en puentes de cemento que albergan centenares de individuos (Arthur y Lemaire, 1999).

8. Alimentación

Es un típico cazador aéreo, que persigue y caza sus presas en vuelo, aunque ocasionalmente puede atraparlas también en el suelo (Cranbrook y Barrett, 1965; Kronwitter, 1988; Rachwald, 1992; Jones, 1995). Durante la búsqueda de alimento vuela a una velocidad media de 21,6 km/h (Jones, 1995).

Se desconoce su dieta en España. Distintos estudios realizados en Europa revelan su preferencia por diferentes insectos en función del lugar y la fecha, predominando generalmente los dípteros y coleópteros, aunque también caza sobre especies de los grupos *Aracnida*, *Acarina*, *Homoptera*, *Heteroptera*, *Psocoptera*, *Neuroptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera* y *Siphonaptera* (Cranbrook y Barrett, 1965; Mackenzie y Oxford, 1995; Vaughan, 1997; Rydell y Petersons, 1998; Kanuch *et al.*, 2005).

9. Depredación

Hay pocos datos ibéricos sobre sus depredadores, pero podrían ser parecidos a los descritos para el nóctulo grande.

10. Factores de amenaza

La tala de árboles viejos en bosques y parques constituye la mayor amenaza en Inglaterra (Hutson, 1993), Alemania (Boye *et al.*, 1999) y probablemente en España. El uso generalizado de árboles viarios indica probablemente una falta de bosques maduros, aptos para la especie, cercanos a las colonias conocidas. En el periodo 1996-2015, la colonia que habita en parques de

Pamplona ha perdido por esta razón 44 de los 63 árboles-refugio localizados hasta ahora.

Los parques eólicos son también una amenaza para sus poblaciones, si se disponen a lo largo de sus rutas migratorias o en las cercanías de sus colonias. Se han recogido ejemplares muertos por esta causa en España (Alcalde y Sáez, 2004), Alemania y Suecia (Ahlèn, Bach, com. pers.).

11. Conservación

- Habría que invertir esfuerzos en la conservación de bosques maduros a evolución libre en el ámbito de su distribución potencial.
- Identificar y proteger los árboles refugio que albergan agrupaciones y procurar su mantenimiento y recambio en caso de que las perturbaciones los derrumben. Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-200 m alrededor de los árboles-refugio donde se han encontrado colonias importantes. En estas zonas, definir un área crítica de 50 m de radio en torno al refugio, donde se recomienda no efectuar ninguna actuación forestal que no se encamine a su conservación.
- Promover que las actuaciones de gestión en bosques productivos aseguren la preservación de refugios potenciales en árboles grandes muertos, viejos o con cavidades naturales o de picidos. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.
- Las avenidas de grandes y viejos plátanos, situadas en las cercanías de los ríos parecen ser lugares especialmente atractivos para el nótulo mediano (Arthur y Lemaire, 1999; Alcalde, obs. pers.). Evitar las podas de ramas gruesas de los grandes árboles viarios que puedan acoger colonias de la especie.
- Instalar cajas-refugio en lugares donde se han talado árboles viejos que pudieran ser refugio de nótulos. En Pamplona, la Sección de Medio Ambiente Urbano del Gobierno de Navarra instaló 65 cajas-refugio que han sido aceptadas y utilizadas progresivamente por los ejemplares migradores. En la actualidad, estas cajas parecen ser el principal refugio utilizado por la población en la ciudad.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Evitar la instalación de parques eólicos en sus rutas migratorias y en las cercanías de sus colonias.
- Es preciso realizar más prospecciones con objeto de conocer mejor la población ibérica y sus desplazamientos migratorios.



Figura 3.6. Nótulo mediano (*Nyctalus noctula*).
Monasterio de Piedra, sistema Ibérico, Aragón.
Foto: Luis Lorente.

3.3. Nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*)



Figura 3.7. Macho de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Sierra de Albarracín, sistema Ibérico. Foto: Luis Lorente.

1. Morfología y biometría

Es el murciélago más grande de Europa (de unos 61-68 mm de antebrazo). La longitud del antebrazo es un carácter diagnóstico básico para distinguirlo de los otros nóctulos.

Pelaje largo y denso, con melena en los machos alrededor del cuello. La coloración es de un marrón claro o rojizo homogéneo. Alas, orejas y hocico de color castaño oscuro, casi negro. El vientre es más claro. Las orejas son cortas y redondeadas, y el trago, en forma de riñón. Alas largas y relativamente estrechas, frecuentemente con pelo en la cara ventral, junto al brazo y al antebrazo. El hocico y la dentición son robustos.

2. Ultrasonidos

Tiene dos tipologías de señales acústicas típicas del género que va intercalando: una más modulada de 17-19 kHz y de 19 ms de duración y otra de frecuencia más baja, de unos 15,5 kHz y de mayor duración (21,7 ms). En sistema heterodino, los pulsos se escuchan con el característico *plip plop*. Los ultrasonidos no se pueden distinguir de forma segura del resto de especies del género, por lo que se debe recurrir a la identificación en mano para un diagnóstico fiable.

3. Distribución

Especie paleártica, citada desde Marruecos a Uzbekistán, aunque de forma muy fragmentada. En Europa se han encontrado poblaciones reproductoras en España, Francia, Eslovaquia, Bielorrusia y Rusia (Dombrovski *et al.*, 2016; Dubourg-Savage *et al.*, 2013; Estók, 2011; Ibáñez *et al.*, 2004; Uhrin *et al.*, 2006).

En la península ibérica se encuentran las mejores poblaciones a escala global, aunque también repartidas de forma discontinua, principalmente en los principales macizos montañosos que cuentan con importantes masas forestales (Juste en Palomo y Gisbert, 2002).

Las citas son puntuales, en general, y dispersas en Andalucía (Sevilla y Cádiz), La Rioja, Navarra, Aragón, Cataluña y País Vasco, así como en puntos de los sistemas Central e Ibérico.

Se sabe de colonias de cría en el sur, en el sistema Central, Asturias, La Rioja y Aragón. Las poblaciones norteñas son migradoras. El análisis de isótopos sitúa, por ahora, su procedencia del sur y norte de Francia (Popa-Lisseanu, datos inéditos).

Recientemente se ha confirmado la presencia fósil del nóctulo grande del Pleistoceno tardío en el Abric Romaní (Capellades), una de las cuatro únicas citas paleontológicas en el suroeste europeo (López-García *et al.*, 2009).



Figura 3.8. Distribución en España del nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Alcalde *et al.*, 2016): VU («Vulnerable»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «Vulnerable».
- Altas y Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): VU («Vulnerable»).

5. Fenología

Las poblaciones reproductoras del centro y este de Europa están formadas por hembras que se consideran migradoras de largo recorrido. Una vez terminada la cría se desplazan hacia el sur a aparearse e hibernar. Por el contrario, las poblaciones del oeste (península ibérica y Francia) son mayoritariamente sedentarias o solo realizan desplazamientos regionales (Ibáñez *et al.*, 2009).

6. Hábitats de cría y caza

Murciélago forestal que utiliza diferentes tipos de huecos de árboles para refugiarse y criar. Asociado íntimamente a bosques de frondosas, prioritariamente hayedos, en ambientes eurosiberianos, y alcornoques y quejigales en ambientes mediterráneos, aunque también se ha encontrado en pinares maduros.

En Cataluña y Aragón, se han encontrado cavidades en nidos de picos (71%), podredumbres del tronco (20%), grietas del tronco (7%) y bifurcación del tronco (2%), de un total de 41 refugios en haya, roble, cerezo, álamo temblón, pino silvestre y pino rodeno. La mayoría de pies contenía una sola cavidad visible (83%) y el resto (17%), entre 2 y 5 agujeros por árbol, que pueden estar conectados a una cavidad amplia. Las alturas de la cavidad estaban comprendidas entre 1,5 y 15,5 m (media de 8 m) y anchuras de tronco o rama de entre 15 y 50 cm de diámetro a la altura de la cavidad (media de 30 cm). La mayoría de árboles con cavidades ocupadas tenían un estado bastante vital (49%), unos pocos eran decrepitos (15%) y el resto, muertos en estado avanzado de descomposición (37%) (Camprodón y Guixé, datos inéditos).

En el Bajo Guadalquivir hay una población relativamente atípica, ya que localiza sus refugios en parques urbanos de Sevilla y Jerez de la Frontera en oquedades de viejos plataneros, debajo de las hojas secas de las palmeras del género *Washingtonia* y en cajas-refugio situadas en pequeños bosquetes del Parque Nacional de Doñana (Popa-Lisseanu *et al.*, 2008, 2009; Santos *et al.*, 2016).

Presenta una extraordinaria capacidad de vuelo y los territorios de caza pueden situarse a varias decenas de km de los refugios en ambientes que no tienen por qué ser forestales, como zonas de marismas (Popa-Lisseanu *et al.*, 2009).

7. Reproducción

Tienen entre una y dos crías, mayoritariamente en junio. Crían en agujeros y cavidades de árboles. Se han encontrado colonias de cría en Sevilla de hasta 80 hembras que utilizan diferentes refugios cercanos.

Las colonias de reproducción están formadas por hembras que constituyen sociedades de fisión-fusión. Cada colonia necesita un elevado número de refugios (hasta más de 30) a lo largo

de una temporada de cría que van utilizando de forma alternativa (Popa-Lisseanu *et al.*, 2008).

En las colonias del Bajo Guadalquivir los partos tienen lugar en la segunda mitad de mayo y primera de junio, y los jóvenes se independizan a lo largo de julio (Popa-Lisseanu *et al.*, 2008).

8. Alimentación

Como el resto de los nótulos, caza las presas en vuelo en espacios abiertos. Tiene una dieta amplia que va desde distintos insectos (coleópteros, dípteros y lepidópteros) a pequeños pájaros que caza a gran altura aprovechando los pasos masivos migratorios que se realizan durante la noche en primavera y otoño (Ibáñez *et al.*, 2001, 2016). Pueden realizar desplazamientos de varias decenas de kilómetros desde los refugios a los cazaderos.

9. Depredación

Se han encontrado restos en egagrópilas de búho real, cárabo y lechuza, y se conoce la depredación por garduña.

10. Factores de amenaza

La principal amenaza es la pérdida de árboles que son utilizados como refugio tanto en ambientes forestales como en parques urbanos. Esto ha sucedido en las colonias de cría del Parque de María Luisa, en Sevilla, por tareas de gestión del parque y por competencia con la cotorra de Kramer, que utiliza los mismos huecos en árboles para criar (Hernández-Brito *et al.*, 2014, 2018; Ibáñez *et al.*, 2004) y ataca a los nótulos en su refugio, hiriéndolos de gravedad. El uso de pesticidas agroforestales puede, también, afectar la abundancia de sus presas.

Se han encontrado nótulos grandes muertos en parques eólicos en España, Portugal, Francia y Grecia (Rodríguez *et al.*, 2015).

11. Conservación

- Habría que invertir esfuerzos en la conservación de bosques maduros a evolución libre en el ámbito de su distribución potencial.
- Identificar y proteger los árboles refugio que albergan agrupaciones y procurar su mantenimiento y recambio en caso de que las perturbaciones los derrumben. Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-500 m alrededor de los árboles refugio que concentran colonias importantes. En estas zonas, definir un área crítica de 50 m de radio en torno al refugio, donde se recomienda no efectuar ninguna actuación forestal que no se encamine a su conservación.
- Promover que las actuaciones de gestión en bosques productivos aseguren la preservación de refugios potenciales en árboles grandes muertos, viejos o con cavidades naturales o de picidos, ya de por sí con poco interés maderero. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.
- Las avenidas de grandes y viejos plátanos pueden ser lugares atractivos para esta especie (Arthur y Lemaire, 1999; Alcalde, obs. pers.). Evitar las podas de ramas gruesas de los grandes árboles viarios que puedan acoger colonias de la especie.

- Instalar cajas-refugio en lugares donde se han talado árboles viejos que pueden ser refugio de nóctulos.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Evitar la instalación de parques eólicos en sus rutas migratorias y en las cercanías de las colonias.
- Es preciso realizar más prospecciones con objeto de conocer mejor la población ibérica y sus desplazamientos migratorios, para identificar sus requerimientos y factores limitantes.



Figura 3.9. Nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Fageda d'en Jordà, La Garrotxa, Catalunya. Foto: Jordi Camprodon.

3.4. Murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*)



Figura 3.10. Murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*). Artikutza, Navarra. Foto: Juan Tomás Alcalde.

1. Morfología y biometría

Es un quiróptero de tamaño medio (de unos 37-43 mm de antebrazo y 6-14 g de peso), que puede alcanzar los 30 cm de envergadura alar. La coloración general es muy oscura, casi negra. Tiene los ojos pequeños y el hocico corto, con los orificios nasales hacia arriba. Las orejas, de forma singular, son un carácter distintivo: están encaradas hacia delante y unidas por la base en medio de la frente. Su vuelo es rápido y ágil.

2. Ultrasonidos

Produce dos tipos de señal ultrasónica alternativamente. Son señales cortas y muy características, con máximos de intensidad en torno a los 31-36 kHz y a los 41-43 kHz. Puede emitir gritos constantes a unos 33 kHz.

3. Distribución

Se distribuye por casi toda Europa Central, descendiendo hasta la cuenca mediterránea en algunos puntos. En el norte peninsular, el murciélago de bosque se encuentra bien distribuido,

ocupando las zonas más montañosas lejos de la costa y siendo claramente más escaso en las zonas litorales; por ejemplo, no se ha encontrado en el macizo prelitoral del Montseny, pero sí en Els Ports (Flaquer *et al.*, 2005; Camprodon y Guixé, 2009). En el sistema Central e Ibérico sur muestra una amplia distribución y presenta una elevada tasa de registro con detectores de ultrasonidos. En Andalucía está presente en las sierras de Cazorla y Segura y en la sierra de Baza.



Figura 3.11. Distribución en España del murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Piraccini, 2016): NT («Casi amenazado»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «De interés especial».
- Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): NT («Casi amenazado»).

5. Fenología

Especie sedentaria, con desplazamientos cortos de entre 10-75 km entre los refugios de invierno y de verano, con máximos de hasta 300 km (González en Palomo *et al.*, 2007).

6. Hábitats de cría y caza

Como su nombre indica, la presencia de esta especie está muy ligada a la existencia de masas forestales de montaña bien estructuradas.

Es una especie arborícola de hábitos fisurícolas, que se refugia en pequeñas rendijas entre la corteza y el tronco, presentes sobre todo en árboles muertos o decrepitos. En pinares de pino negro, se han detectado también en bordas para ganado con el techo de madera, donde seguramente se refugia entre las vigas y donde probablemente llega también a criar.

En áreas boscosas puede ocupar bordas de ganado y casas rurales, así como grietas de roca. En invierno se puede encontrar en cuevas, minas, sótanos, etc., donde puede soportar temperaturas muy bajas en estado de torpor, de hasta 0 °C. Se han encontrado agrupaciones de hasta 40 ejemplares hibernando en una cueva entre 0 y 4 °C (Serra-Cobo *et al.*, 2009). Cambia con frecuencia de emplazamiento; por eso es importante que los bosques tengan abundancia de árboles decrepitos con corteza desprendiéndose.

Se ha comprobado su resistencia a las bajas temperaturas, lo que lo convierte en una especie bien adaptada a los bosques de alta montaña. Se ha capturado algún ejemplar cazando y activo durante el manejo y liberación a temperaturas cercanas a 1 °C (Camprodon y Guixé, 2007).

A modo de ejemplo, en estudios realizados en robledales (Camprodon y Guixé, 2008), esta especie ha obtenido las mayores abundancias en dehesas y robledales maduros, donde se encuentran los árboles más grandes y, por tanto, con mayor disponibilidad de cavidades adecuadas. En cambio, es muy escaso en fragmentos forestales entre cultivos y en robledales jóvenes (Camprodon y Guixé, 2007).

7. Reproducción

Sus colonias de cría se instalan a partir de abril en las fisuras y bajo las cortezas de árboles viejos. Suele tener una sola cría. Se han observado crías a partir del mes de junio.

8. Alimentación

Entre el 73 y el 99% de su alimentación la constituyen pequeños lepidópteros nocturnos. También se alimentan, en menor medida, de dípteros (Rydell *et al.*, 1996; Sierra *et al.*, 1997).

9. Depredación

No se conocen predadores especializados.

10. Factores de amenaza

La principal amenaza es la pérdida de árboles que utilizan como refugio y la disponibilidad de cavidades adecuadas (grietas en árbol), como han señalado Russo *et al.* (2004); en especial,

la disminución de aquellos utilizados por colonias de cría. El uso de pesticidas agroforestales puede también afectar a la abundancia de sus presas. Su capacidad de desplazamiento puede ser un factor adaptativo a la falta de cavidades adecuadas y a la disponibilidad limitada de presas. Este último factor se ha señalado como influyente en la abundancia local de la especie (Sierro y Arlettaz, 1997). Por lo tanto, su abundancia local puede estar condicionada tanto por la disponibilidad del recurso cavidad en árbol (muy específico en su caso) como por la concentración de lepidópteros nocturnos, aspecto aún poco conocido.

11. Conservación

- Habría que invertir esfuerzos en la conservación de bosques maduros a evolución libre en el ámbito de su distribución potencial.
- Mantener la presencia de refugios naturales en las masas forestales de montaña (Russo *et al.*, 2004), así como de los refugios coloniales conocidos, sobre todo en invierno (Rydell y Bogdanowicz, 1997).
- En los bosques productivos, conservar y favorecer la formación de refugios potenciales en árboles muertos para que puedan formarse cavidades bajo la corteza. El anillado de pinos vivos de mediano y gran tamaño (mínimo de 20 cm de diámetro normal) puede proporcionar cavidades aptas donde estas son escasas.
- Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-200 m alrededor de los árboles refugio donde se han encontrado colonias importantes.
- Su especialización alimentaria hace que sea muy importante mantener una estructura vertical de vegetación heterogénea en el interior del bosque y en los umbrales, zonas importantes de alimentación.
- Pueden instalarse cajas-refugio, pero estas deben ser estrechas, al tratarse de una especie que se refugia en fisuras bajo corteza.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.



Figura 3.12. Murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*) hibernando en una mina abandonada (Teruel).

Foto: Luis Lorente.

3.5. Orejudo dorado (*Plecotus auritus*)



Figura 3.13. Murciélago orejudo dorado (*Plecotus auritus*). Bosque de Aransa. La Cerdanya, Cataluña. Foto: David Guixé.

1. Morfología y biometría

El murciélago orejudo es una especie de tamaño medio que tiene las orejas muy grandes. Plegadas hacia delante, sobrepasan en más de un centímetro y medio el extremo del hocico. Tiene el trago casi recto y de color amarillento, prácticamente translúcido. Los pulgares son largos, de más de 6,5 mm. La uña del pulgar es muy curvada y sobrepasa los 2 mm de longitud, a diferencia de *Plecotus austriacus*, de pulgares y uñas más cortas. El color del pelaje es marrón más o menos brillante o rojizo, con tonos amarillento o grisáceos. El vientre suele ser muy claro, con tonos amarillentos. La almohadilla del labio inferior puede ser de formas variadas, desde semicircular a aplanada, pero nunca en forma triangular como en *Plecotus macrobullaris*.

Es posible que las poblaciones ibéricas representen una especie diferente (*Plecotus begoniae*). El orejudo ibérico generalmente se ha considerado una subespecie del dorado; no obstante, aunque su biología es similar, es de tamaño mayor y presenta diferencias genéticas (Dietz y Kiefer, 2017).

2. Ultrasonidos

Señales de frecuencia modulada con dos armónicos. Presenta dos picos de intensidad máxima: un grito alrededor de los 26 kHz y el otro, entre los 39-43 kHz. La duración es variable, desde 2 a 7 ms. Es muy difícil de distinguir de otras especies del género.

Sus ultrasonidos solo son audibles con un detector de ultrasonidos a menos de 10 m de distancia (Barataud, 2002).

3. Distribución

Presente en todo el Paleártico. Ocupa los sistemas montañosos de la mitad norte de la península ibérica.

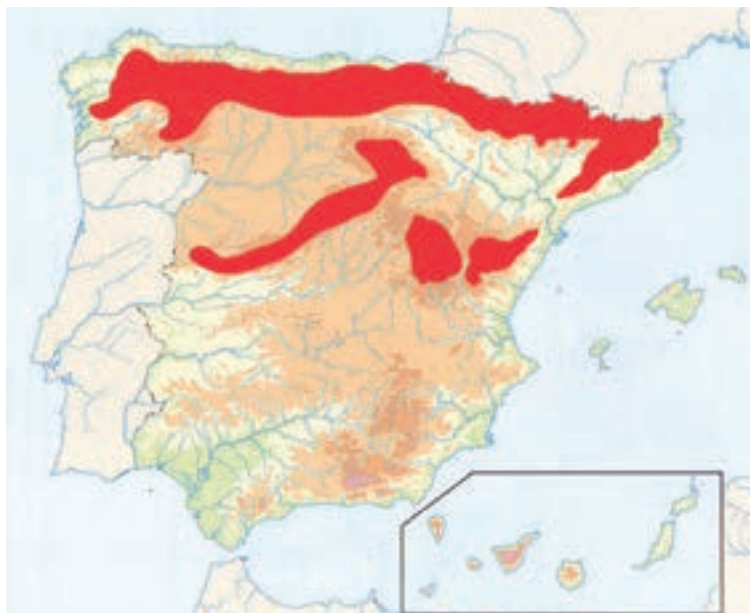


Figura 3.14. Distribución en España del orejado dorado (*Plecotus auritus*).
Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Hutson *et al.*, 2008): LC («Preocupación menor»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexo IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «De interés especial».
- Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): NT («Casi amenazado»).

5. Fenología

Parece ser una especie común en las áreas forestales de montaña. Es un murciélago sedentario. Puede realizar movimientos cortos de los lugares de reproducción a los de invernada.

Los apareamientos tienen lugar desde agosto hasta abril; el establecimiento de las colonias, a partir de mayo, y los partos, a partir de junio.

Los machos pasan el verano en solitario y presentan un marcado celo desde agosto hasta octubre, con el pico en septiembre. Puede existir un segundo periodo de *swarming* desde febrero hasta abril.

6. Hábitats de cría y caza

Hábitats de caza preferiblemente forestales. La presencia de esta especie está muy ligada a la existencia de masas forestales de montaña bien estructuradas. En áreas boscosas puede ocupar bordas y casas rurales como refugio temporal o de cría. Habitualmente, sin embargo, utiliza agujeros y fisuras en troncos de árbol. Es una especie que ocupa con cierta facilidad las cajas-refugio de entrada y cámara estrecha. Cambia con frecuencia de emplazamiento dentro de un área de unos pocos cientos de metros de radio (Dietz y Kiefer, 2017), por lo que es importante que los bosques tengan abundancia de cavidades en árbol.

7. Reproducción

Las colonias de cría se forman a partir del mes de mayo. Se han encontrado colonias de 5 a 55 individuos. Se ha comprobado una alta filopatria en ambos sexos. Suelen parir una sola cría hacia el mes de junio. A los 40 días la cría ya puede ser independiente. Las hembras forman colonias de maternidad con algunos machos adultos que incrementan en número con los jóvenes, como se ha observado en el mes de agosto en un corral de Aransa, donde se capturaron 10 hembras con 5 crías y 3 machos adultos (Camprodon y Guixé, 2008).

Prefiere un tipo de cavidad en árbol de entrada estrecha, donde se pueden reunir bastantes hembras lactantes (Guixé y Camprodon, 2011). Por ejemplo, los troncos gruesos de conífera bifurcados en altura pueden formar una cavidad estrecha en la bifurcación, apta para el orejudo dorado.

8. Alimentación

Básicamente se compone de lepidópteros nocturnos, coleópteros, dípteros y algún arácnido que coge directamente de la superficie de las hojas o del suelo.

Aplica dos estrategias de caza distintas: puede cazar presas al vuelo y también cuando se encuentran posadas en la vegetación, desde el suelo a las copas. Posteriormente, transporta las presas grandes a una percha en donde las consume.

9. Depredación

Se dispone de datos de rapaces nocturnas, como la lechuza, y de gatos domésticos.

10. Factores de amenaza

Las principales amenazas sobre esta especie son la destrucción, pérdida y alteración de masas

maduras de bosque, ya sea por aprovechamientos forestales o por incendios, así como de refugios adecuados en árboles. También puede afectarle el uso indiscriminado de insecticidas agrícolas y forestales, como, por ejemplo, los utilizados históricamente para el control de la procesionaria del pino (Guillén *et al.*, 1991).

Igualmente, se ha descrito cómo los tratamientos químicos de la madera en habitáculos restaurados han llegado a provocar la desaparición de las colonias de cría (Aihartza, 2000; Fernández-Gutiérrez, 2003).

11. Conservación

- Se recomienda la conservación de masas forestales maduras a evolución libre en medio de grandes zonas forestales de montaña.
- En los bosques productivos, se recomienda la conservación y el mantenimiento de refugios potenciales en árboles grandes, viejos o muertos con cavidades, susceptibles de ser ocupados por la especie. Orientativamente, dejar un mínimo de 10 árboles/ha viejos, grandes o muertos con presencia de cavidades o con grandes troncos bifurcados a cierta altura.
- Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-200 m alrededor de los árboles refugio donde se han encontrado colonias de cría o invernada importantes.
- La disponibilidad de cavidades se puede favorecer con el anillado de pinos y la colocación de cajas-refugio adecuadas para la especie.
- Pueden instalarse cajas-refugio especialmente diseñadas para la especie, con entradas pequeñas y cámaras estrechas.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.



Figura 3.15. Murciélago orejudo dorado (*Plecotus auritus*). Sierra de Albarracín. Sistema Ibérico.

Foto: Luis Lorente.

3.6. Murciélago de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)



Figura 3.16. Murciélago de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*). Parque Natural del Delta del Ebro. Isla de Buda.

Foto: Carles Flaquer.

1. Morfología y biometría

Es un murciélago pequeño (de unos 30-37 mm de antebrazo y 6 g de peso). El pelaje es pardo rojizo, más claro en el vientre que en el dorso. Orejas cortas y trago redondeado y un poco más largo que ancho. Las celdas de la membrana alar tienen el primer empalme del quinto dedo y del codo divididos por una quilla, a veces ausente en los individuos pequeños. Presentan caninos grandes. El primer premolar superior es claramente visible. El segundo incisivo superior es mayor que la segunda cúspide del primero. Puede confundirse con otros *Pipistrellus* y debe identificarse con los caracteres dentarios (Palomo *et al.*, 2007).

2. Ultrasonidos

Produce señales de frecuencia en torno a los 40 kHz. El intervalo entre pulsos es de 140 ms. Las llamadas sociales constan de dos partes: la primera, con 5-8 pulsos de intensidad alrededor de los 18 kHz y la segunda, con 3-7 pulsos a 34 kHz (Flaquer en Palomo *et al.*, 2007).

3. Distribución

Euroasiática. Se distribuye en buena parte de Europa y Asia Menor. En la península ibérica se ha observado puntualmente en sectores de la cornisa cantábrica y el noreste de la costa mediterránea. También está presente en Mallorca y Menorca. Existe una citación probable en Murcia (Lisón *et al.*, 2005).



Figura 3.17. Distribución en España del murciélago de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*).
Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Paunović y Juste, 2016): LC («Preocupación menor»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexo IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): NT («Casi amenazado»).
- Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): NT («Casi amenazado»).

5. Fenología

Es una especie migradora de larga distancia. Se sabe que en diferentes humedales, como en el

delta del Ebro, los machos son sedentarios y las hembras llegan en otoño a aparearse e invernar. Estas poblaciones deben criar en algunas zonas forestales del centro de Europa. En el País Vasco se tienen algunos datos de posibles reproducciones, aunque la fenología parece similar a la de la costa mediterránea.

Ocupan bien las cajas-refugio, donde se cuenta con más de 100 individuos controlados en el delta del Ebro (Flaquer *et al.*, 2005).

6. Hábitats de cría y caza

Murciélago que caza en vuelo activo en zonas abiertas o lindes de bosque, caminos, etc. A veces, también, sobre canales o masas de agua.

7. Reproducción

No se dispone de muchos datos de esta especie en España. Utiliza cavidades en árbol y cajas-refugio.

8. Alimentación

A partir del análisis de guano de individuos de Europa del Este, se ha demostrado que su dieta puede constar de dípteros y lepidópteros, especialmente quironómidos. Puede depredar sobre insectos plaga como el barrenador del arroz (Puig *et al.*, 2015).

9. Depredación

Se conocen pocos datos. Seguramente, lechuzas y mochuelos; probablemente sean afectados por córvidos o gatos domésticos.

10. Factores de amenaza

La principal amenaza es la pérdida de árboles que utilizan como refugio. En especial pueden afectarle las cortas de árboles grandes (vivos y muertos) y viejos con presencia de cavidades naturales en ambientes riparios. El abuso de insecticidas y otras problemáticas asociadas a los trayectos migratorios, como los parques eólicos, pueden estar afectando a las poblaciones meridionales.

11. Conservación

- Conservar los humedales y zonas fluviales y riparias.
- Aplicar medidas de reducción de insecticidas y herbicidas como el glifosato.
- Promover que las actuaciones de gestión en bosques productivos aseguren la preservación de refugios potenciales en árboles grandes muertos, viejos o con cavidades naturales. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.

- Conservar las características estructurales de la masa entre 100 y 500 m alrededor de los árboles refugio que concentran colonias importantes. En estas zonas, definir un área crítica de 50 m de radio en torno al refugio, donde se recomienda no efectuar ninguna actuación forestal que no se encamine a su conservación.
- Una acción favorable es emplazar cajas-refugio en la proximidad de las colonias conocidas y en hábitats potenciales (humedales, bosques de ribera, etc.).
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Paralelamente, se deberían emprender campañas de prospección para encontrar nuevas colonias de cría y poder, así, evaluar el grueso de la población.



Figura 3.18. Murciélago de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*). Foto: Juan Tomás Alcalde.

3.7. Murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*)



Figura 3.19. Murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*). Selva Negra, Alemania. Foto: Laura Torrent.

1. Morfología y biometría

Animal pequeño (de unos 33-35 mm de antebrazo y 6 g de peso) de piel y membranas de color muy oscuro, casi negro. El pelo es largo y bicolor, con la base negra y las puntas más claras. Las orejas alargadas superan el hocico. El trago es un poco más largo que la mitad de la oreja. Tiene un parecido con el murciélago ratonero bigotudo de *Alcathoe* (*Myotis alcathoe*), pero este tiene un antebrazo más pequeño (menor de 33 mm).

2. Ultrasonidos

La intensidad máxima de sus pulsos es alrededor de los 45 kHz. Las señales de ecolocalización tienen 2,5-3 ms de duración. Es muy difícil de diferenciar de otros pequeños *Myotis* europeos.

3. Distribución

Presente en casi todo el Paleártico. Bien distribuido por Europa hasta los 64° N.

Se localiza principalmente en áreas montañosas densamente forestadas de la mitad septentrional de la península ibérica. Se ha citado en Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón, Cataluña, Madrid, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Extremadura. En La Rioja y Aragón se ha confirmado, además, por medio de técnicas moleculares (Nogueras *et al.*, 2013). Además, en el Pallars Sobirà, se ha podido determinar que es una especie abundante (20,6% de las capturas en 2007) y se ha encontrado criando (Flaquer *et al.*, 2007 y 2008; Guixé y Camprodon, 2009).



Figura 3.20. Distribución en España del murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*).
Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Coroiu, 2016): LC («Preocupación menor»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexo IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (17/03/2004): VU («Vulnerable»).
- Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): NT («Casi amenazado»).

5. Fenología

En general, especie poco conocida en España. Se considera sedentaria, con algunos desplazamientos ocasionales de hasta 240 km (Schober y Grimmberger, 1989). En Europa hiberna de octubre a marzo, siendo el *swarming* entre julio y noviembre en el norte del continente (Piksa, 2008).

6. Hábitats de cría y caza

Es una especie eminentemente forestal asociada a bosques de montaña. Le son favorables los bosques maduros de frondosas, pero también de coníferas o de hayedo-abetal pirenaico con presencia de cavidades en árbol, pequeños arroyos y habitáculos rurales (bordas para ganado). Se han encontrado tanto colonias de hembras como de machos, mayoritariamente en árboles en verano y en cavidades subterráneas en invierno.

7. Reproducción

Las colonias de cría se establecen en mayo y están formadas únicamente por hembras. Los partos ocurren hacia mediados de junio y julio (Flaquer *et al.*, 2007 y 2008).

8. Alimentación

Parece que se alimentan principalmente de dípteros, pero consumen también lepidópteros, tricópteros, himenópteros, hemípteros y arácnidos. Cazan a una altura de entre 1,5 y 6 metros del suelo, con un vuelo rápido y ágil.

9. Depredación

Se tienen pocos datos. Se ha encontrado en egagrópilas de cárabo (*Strix aluco*) en Polonia (Agirre-Mendi en Palomo *et al.*, 2007).

10. Factores de amenaza

La principal amenaza es la pérdida de árboles que utilizan como refugio y en especial la disminución de aquellos potencialmente utilizados.

Le perjudican las cortas de regeneración y las claras de mejora silvícola que eliminan los árboles grandes (vivos y muertos) y viejos con presencia de cavidades naturales y de pájaros carpinteros, que constituyen su principal refugio en época de cría (Tupinier y Aellen, 2001).

El abandono o rehabilitación de bordas de montaña también suelen hacerle perder buenos refugios.

11. Conservación

- Habría que invertir esfuerzos en la conservación de bosques maduros a evolución libre en el ámbito de su distribución potencial.

- Promover que las actuaciones de gestión en bosques productivos aseguren la preservación de refugios potenciales en árboles grandes muertos, viejos o con cavidades naturales. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.
- El anillado de árboles vivos de mediano y gran tamaño (mínimo de 20 cm de diámetro normal) puede proporcionar cavidades aptas donde estas son escasas.
- En áreas potenciales o en masas forestales mal estructuradas una buena acción podría ser la de colocar cajas-refugio.
- Conservar las características estructurales de la masa entre 100 y 500 m alrededor de los árboles-refugio que concentran colonias importantes. En estas zonas, definir un área crítica de 50 m de radio en torno al refugio, donde se recomienda no efectuar ninguna actuación forestal que no se encamine a su conservación.
- Conservar en buen estado los riachuelos de montaña con abundante riqueza de vegetación de ribera y arbolado más bien abierto.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Compatibilizar las mejoras en bordas de montaña con la conservación de la especie, creando o manteniendo refugios de interés para esta.



Figura 3.21. Murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*). Sistema Ibérico de Teruel, Aragón. Foto: Luis Lorente.

3.8. Murciélago ratonero bigotudo de Alcatheo (*Myotis alcatheo*)



Figura 3.22. Murciélago ratonero bigotudo de Alcatheo (*Myotis alcatheo*). Navarra.
Foto: Juan Tomás Alcalde.

1. Morfología y biometría

Es el murciélago más pequeño del género *Myotis* en Europa (de unos 30-33 mm de antebrazo y 3,4 a 5,2 g de peso). El hocico y la cara tiene tonos rosados y su coloración general es castaño oscuro, con el vientre con tonos más grisáceos. Muestra parecido con el murciélago bigotudo, pero es, en general, más claro, con el interior de las orejas más pálido.

2. Ultrasonidos

Es la especie de *Myotis* que produce señales de frecuencia moduladas más elevadas, desde los 120 kHz a los 41,6 kHz. El intervalo entre pulsos es de 66 a 85 ms y la frecuencia máxima es alrededor de $52,5 \pm 9,6$ kHz (Agirre-Mendi e Ibáñez en Palomo *et al.*, 2007).

3. Distribución

En Europa se ha encontrado en Grecia, Hungría, Francia y España. Parece, pues, que ocupa las áreas meridionales circummediterráneas, aunque se cuenta con registros en Suiza y Alemania.

Especie considerada rara en todo el mundo, ya que es una especie críptica descubierta recientemente (Helvesen *et al.*, 2001; Niermann *et al.*, 2007). Por ejemplo, en el verano de 2006 se citó en el Montseny por primera vez en Cataluña (Flaquer *et al.*, 2009) y se encontró una población reproductora en la Albera (Flaquer *et al.*, 2009; Coronado *et al.*, 2017). También se ha capturado en La Rioja (Agirre-Mendi *et al.*, 2004) y en tres puntos de Galicia (Hermida *et al.*, 2012). Alcalde (2009) capturó 22 ejemplares en 6 localidades diferentes en Navarra. Se trata, al parecer, de una especie sedentaria.

En La Rioja se ha encontrado en simpatía con el murciélago ratonero de bigotes (*Myotis mystacinus*). En Cataluña parece ser que ocuparía sectores de montaña donde no está presente su congénere. Habría que ver si se solapan en algunos sectores pirenaicos.



Figura 3.23. Distribución en España del murciélago ratonero bigotudo de Alcatóe (*Myotis alcatóe*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Hutson y Paunović, 2016): DD («Datos insuficientes»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y Anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): VU («Vulnerable»).
- Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): VU («Vulnerable»).

5. Fenología

La ecología de esta especie es todavía poco conocida. En principio, el parto y la crianza de juveniles se desarrolla desde mediados de junio a mediados de agosto y el reagrupamiento de machos y hembras, a partir de agosto (Bodin, 2011).

Algunas observaciones invernales lo sitúan en cuevas (Maillard y Montfort, 2005), pero en verano son esencialmente arborícolas, ocupando cavidades de árboles maduros y en estado de descomposición variable, principalmente en hábitats no perturbados. A diferencia de otras especies del complejo *mystacinus*, no se suele encontrar en hábitats antropizados.

6. Hábitats de cría y caza

Murciélagos eminentemente forestal que se encuentra asociado a bosques mixtos de frondosas de zonas montañosas (> 1.000 m). Le son favorables bosques densos de caducifolios con cierta madurez estructural, con árboles grandes y cercanos a pequeñas masas de agua (balsas o arroyos).

Se refugia en fisuras y podredumbres (Lučan *et al.*, 2009; Hermida *et al.*, 2013; Coronado *et al.*, 2017). En el macizo de la Albera, en el extremo oriental de los Pirineos, la mayoría de refugios se han hallado en árboles muertos o decrepitos. Su pequeño tamaño favorece la ocupación de cavidades estrechas en árboles de porte discreto, de menos de 30 cm de diámetro normal. Por ejemplo, en la Albera se refugia a menudo en acebos, especie acompañante en masas de frondosas, con un mínimo de 10 cm de diámetro de tronco donde se halla la cavidad. Otros árboles refugio en el macizo son encinas, alcornoques, hayas, robles y arces, con cavidades de entre 0,5 y 8 m de altura, con una media de 4 m (Coronado *et al.*, 2017).

7. Reproducción

No se dispone de muchos datos de esta especie. En La Rioja se han capturado hembras preñadas en junio y juveniles a principios de agosto (Agirre-Mendi e Ibáñez en Palomo *et al.*, 2007). La única colonia de cría conocida se encontró en 2008 en el Paraje Natural de Interés Nacional de la Albera (X. Puig, com. pers.). Serra-Cobo *et al.* (2009) citan, sin dar más datos de localización, una colonia de cría localizada bajo la corteza de una fisura de árbol formada por tres hembras y dos crías.

8. Alimentación

A partir del análisis de guano de individuos de Europa del Este, se ha demostrado que su dieta puede contener dípteros y lepidópteros, así como himenópteros (*Formicidae*), arácnidos, neurópteros y tricópteros (Lucan *et al.*, 2009; Danko *et al.*, 2010). Caza en zonas con vegetación densa, en bosques de ribera o en bosques de robles o hayas (Tillon *et al.*, 2010).

9. Depredación

No se tienen datos sobre la depredación de la especie en España.

10. Factores de amenaza

La principal amenaza es la pérdida de árboles que utilizan como refugio y en especial la disminución de aquellos utilizados.

Cortas que retiren árboles con cavidades, incluidas especies acompañantes.

11. Conservación

- Habría que invertir esfuerzos en la conservación de bosques con árboles viejos en las localidades donde se encuentre la especie.
- Promover que las actuaciones de gestión en estos bosques aseguren la preservación de refugios potenciales en árboles con cavidades, con especial atención hacia las especies acompañantes de frondosas. Los refugios de *Myotis alcathoe* pueden localizarse en especies acompañantes, como el acebo, que, por edad o competencia con las especies dominantes, entran en estado de decaimiento y forman cavidades. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal vivos o muertos.
- Conservar la estructura de la masa de 500 m alrededor de los árboles refugio que concentran colonias importantes. En estas zonas, definir un área crítica de 50 m de radio en torno al refugio, donde se recomienda no efectuar ninguna actuación forestal que no se encamine a su conservación
- En áreas potenciales o en masas forestales mal estructuradas una buena acción podría ser la de colocar cajas-refugio.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Paralelamente, se deberían emprender campañas de prospección para encontrar nuevas colonias y poder, así, evaluar el grueso y el estado de conservación de la población ibérica.



Figura 3.24. Murciélago ratonero bigotudo de Alcaethoe (*Myotis alcathoe*). Navarra. Foto: Juan Tomás Alcalde.

3.9. Murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*)

1. Morfología y biometría

El murciélago ratonero forestal es un vespertiliónido de tamaño mediano (de unos 38-45 mm de antebrazo y 7-14 g de peso) que puede vivir hasta los 21 años. Su característica más notoria son sus orejas, anchas y largas (> 20 mm). A diferencia del género *Plecotus*, las orejas del murciélago ratonero forestal no se unen en la base, ni se pliegan bajo las alas durante el torpor. El trago es recto, fino y alcanza casi la mitad de la longitud de la oreja. El rostro es largo y apuntado, sin vello y con un ligero tono rosado. El pelaje dorsal es largo, de marrón pálido a marrón rojizo, más oscuro en la base que en las puntas. El ventral es gris claro. Las crías son también más grisáceas. Las alas son relativamente cortas y anchas, con una envergadura intermedia (250-300 mm).



Figura 3.25. Murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*). Sierra de Guara (Huesca). Foto: Luis Lorente.

2. Ultrasonidos

Sus llamadas de ecolocación más típicas son pulsos FM que van desde los 30 a los 80 kHz (pico de intensidad a los 50 kHz). La longitud del pulso es de 1,2-1,3 ms, con un intervalo medio entre pulsos de 2,2 ms. Su baja intensidad las hace muy difíciles de escuchar, y se confunden fácilmente con los de otros pequeños *Myotis* (Dietz *et al.*, 2009).

3. Distribución

Desde el sur de la península ibérica hasta el sur de Escandinavia, y hasta Irán y el Cáucaso (Schlapp, 1999). Se le considera raro en todo su rango, aunque podría ser común localmente, en hábitats óptimos (Schlapp, 1999; Meschede y Heller, 2003; Kañuch *et al.*, 2008; Dietz y Pir,

2009). Tradicionalmente había sido poco citado en áreas mediterráneas (por ejemplo, Vergari *et al.*, 1998; Baagøe, 2001), aunque su rareza en este rango podría deberse a un insuficiente muestreo —la especie es difícil de detectar— o a la escasez de bosques caducifolios adecuados, y no a preferencias biogeográficas (Napal, 2010, 2011). De hecho, la especie se ha revelado localmente abundante en varios sistemas montañosos en áreas mediterráneas continentales (sierras de Gata, Gredos, Cazorla, Aracena o interior de Cataluña) y se ha encontrado en varias localidades en valles de influencia atlántica. Sedentaria, el máximo desplazamiento estacional conocido es inferior a los 100 km (Dietz *et al.*, 2009).



Figura 3.26. Distribución en España del murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus y población

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Paunović, 2016): NT («Casi amenazado»).
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexo IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «De interés especial».
- Atlas y Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): VU B2ab(iii): «Vulnerable».

5. Fenología

El establecimiento de las colonias es a partir de mayo y los partos, desde junio. Los machos pasan el verano en solitario, a veces cerca de donde las hembras establecen sus colonias de cría. En otoño (de agosto a octubre), machos y hembras acuden a lugares de *swarming*, coincidiendo con la época en que se producen las cópulas.

6. Hábitats de cría y caza

Myotis bechsteinii se ha citado siempre restringido al bosque (Baagøe, 2001; Kerth *et al.*, 2003), con preferencia por bosques maduros, con una rica estructura vertical (Meschede y Heller, 2003; Dietz y Pir, 2009; Kañuch *et al.*, 2008). No obstante, puede utilizar también las dehesas que, a pesar de su estructura de bosque laxo, proporcionan refugios y presas abundantes (Napal, 2009, 2010). Caza principalmente en robledales y, en menor medida, en otros bosques de caducifolios, como abedulares o hayedos (Wolz, 1986; Meschede y Heller, 2003), aunque también puede utilizar pinares mixtos o con presencia de frondosas acompañantes de gran porte (Arrizabalaga-Escudero *et al.*, 2014, Camprodon *et al.*, 2018). Se trata de una especie sedentaria, que solo realiza desplazamientos cortos, de alrededor de 1 km (por ejemplo, Kerth *et al.*, 2001; Napal *et al.*, 2010), y cuyas áreas de caza no miden más de 20-40 ha (Kerth *et al.*, 2001; Dietz y Pir, 2009). Normalmente, los individuos mantienen sus áreas año tras año, y el solapamiento entre ellas es pequeño (Schofield y Morris, 2000).

Es una especie de preferencias termófilas, aunque algunas colonias de cría pueden localizarse por encima de los 1.000 m.

7. Reproducción

Las colonias de cría se forman a partir del mes de mayo. Se han encontrado colonias de hasta 40 individuos, que pueden ocupar varios refugios en un área limitada. Suelen parir una sola cría hacia el mes de junio. A los 40 días, la cría ya puede ser independiente. Las hembras, que demuestran una gran filopatria, forman colonias de cría con otras hembras y configuran grupos sociales estables en el tiempo. Los machos son solitarios, pudiendo residir en las mismas zonas que las hembras, pero en refugios separados, o en zonas menos óptimas.

Los lugares de *swarming*, donde acuden hembras y machos de diferentes colonias en un rango de hasta 100 km (Dietz *et al.*, 2009), aseguran el flujo genético entre estos grupos socialmente cerrados (Kerth *et al.*, 2003).

8. Alimentación

Su morfología alar, que permite un vuelo lento pero muy maniobrable (Norberg y Rayner, 1987; Jones y Rydell, 1994; Siemers y Swift, 2006), y las características de sus llamadas de ecolocación —débiles y con una frecuencia muy amplia— suponen una adaptación para volar y cazar en espacios cerrados (Neuweiler, 1989; Kañuch *et al.*, 2008). En consecuencia, *Myotis bechsteinii* caza en el interior del bosque, tanto presas voladoras (*aerial hawking*) como de superficie (*gleaning*): su dieta, muy amplia, está integrada sobre todo por polillas, tijeretas, coleópteros, grillos, saltamontes y arañas (Wolz, 2002; Napal, 2012).

9. Refugios

Frecuentemente, establece sus refugios en cavidades de pícido (nidos abandonados) o grietas o cicatrices provocadas por la caída de ramas que han sido ampliadas (Meschede y Heller, 2003). También puede utilizar cajas-nido, cuando se hayan disponibles (Schlapp, 1999; Meschede y Heller, 2003; Greenaway y Hill, 2004), aunque las cavidades naturales tienen un ambiente más estable que los refugios artificiales (Kerth *et al.*, 2001). No se conocen colonias de hibernación;

únicamente se han localizado individuos aislados en refugios subterráneos. Por lo general, estos individuos no vuelven al mismo refugio en años sucesivos (Gaisler y Chytil, 2002).

10. Factores de amenaza

Las principales amenazas sobre esta especie son la destrucción, pérdida y alteración de masas de bosques maduros, ya sea por explotación forestal o por incendios, así como de sus refugios en cavidades de árboles. También puede afectarle el uso indiscriminado de insecticidas agrícolas y forestales, como, por ejemplo, los químicos utilizados para el control de plagas como la de la procesionaria del pino (Guillén *et al.* 1991).

11. Conservación

- Se recomienda la conservación de masas forestales maduras de buen tamaño (> 50 ha) o conectadas con otras manchas.
- Promover prácticas silvícolas que conserven y mantengan árboles grandes, viejos o muertos con cavidades, susceptibles de ser ocupados por la especie. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.
- Proteger los árboles y un área mínima de 500 metros alrededor de las zonas que concentran colonias importantes, puesto que las hembras son más fieles a las zonas que a refugios específicos y, además, requieren de varios refugios diferentes a lo largo de la estación.
- Instalar cajas-refugio en masas con buenas condiciones, pero aún jóvenes y con pocas cavidades.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Paralelamente, se deberían emprender campañas de prospección para encontrar nuevas colonias en las regiones con datos dispersos y poder, así, evaluar el grueso y el estado de la población.



Figura 3.27. Murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*). Cataluña. Foto: Jordi Bas.

3.10. Murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*)



Figura 3.28. Murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*). La Garrotxa, Cataluña. Foto: Jordi Bas.

1. Morfología y biometría

La utilización de diferentes marcadores moleculares ha permitido revelar la presencia de un grupo complejo de especies de *Myotis nattereri* en la península ibérica (Ibáñez *et al.* 2006). Un taxón se identificó en el norte de España, y se encuentra todavía pendiente su descripción taxonómica y morfológica para ser reconocida oficialmente. Provisionalmente, por motivos de utilidad se le ha asignado un nombre ficticio, *Myotis cf. nattereri*. A pesar de que no ha sido descrito taxonómicamente, se dispone de datos morfológicos que permiten distinguirlo de *Myotis escalerai*. Entre los rasgos más útiles para identificar una especie de otra estaría la distribución de los pelos del borde del uropatagio y la forma de la inserción del patagio en el tobillo (Salicini *et al.*, 2012; Dietz y Kiefer, 2017).

Teniendo en cuenta la similitud con *Myotis nattereri*, la especie *Myotis cf. nattereri* es un murciélago de tamaño mediano (antebrazo de 34-44 mm; peso de 7-10 g) con orejas largas y trago más largo que la mitad de la oreja. Vientre y dorso contrastado, blanco y gris parduzco, respectivamente. La cara es rosada, y presenta un espolón largo y curvado en el uropatagio, con pelos en su borde que tienen función táctil en la caza de insectos.

2. Ultrasonidos

No es posible diferenciarlo del resto de las especies de *Myotis*. La señal es baja, de 2-5 ms de duración, que puede empezar muy alta (100-180 kHz) y descender hasta 20 kHz.

3. Distribución

Se conoce todavía poco sobre la distribución exacta de esta especie debido a su similitud con otras especies similares del grupo *Nattereri*. No obstante, los datos recientes indican que se distribuye por el extremo norte de la península ibérica, pasando por el sur de los Alpes y a lo largo de la península itálica y Sicilia (Dietz y Kiefer, 2017).

En Galicia han sido capturados en el curso medio y bajo del río Eume, y en la sierra de Ancares, entre los 290 y 1.000 m (Hermida *et al*, 2012). En Cantabria las capturas analizadas por la Estación Biológica de Doñana están dando como resultado que *Myotis cf. nattereri* está ampliamente distribuido en ambientes forestales y de campiña arbolada tanto de la vertiente atlántica como en la del Ebro y el Duero. En La Rioja es una especie de carácter montano que se distribuye exclusivamente en la parte central de las sierras ibéricas, desde los 850 hasta los 1.984 m de altitud (Aguirre-Mendi e Ibáñez, 2012). En Navarra, Aragón y Cataluña ha sido identificado, principalmente, en bosques montanos y subalpinos del Pirineo hasta los 2.000 m, pero también hay citas en ambientes submediterráneos y bosques de ribera (Alcalde *et al.*, 2008; Flaquer y Puig, 2012; Guixé, com. pers.). En el sistema Central se ha localizado en rebollares maduros (Paz *et al.*, 2015).



Figura 3.29. Distribución en España del murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*). Elaboración propia a partir de datos de expertos y de la SECEMU.

4. Estatus

- Categoría mundial de conservación de la UICN (Hutson *et al.*, 2008): LR («Preocupación menor»), para la especie nominal.
- Anexo II del Convenio de Berna, anexo II del Convenio de Bonn y anexos II y IV de la Directiva Hábitats 92/43/CE.
- Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990): «De interés especial».
- Atlas y Libro Rojo de los Vertebrados de España (2006): I («Indeterminada»).

5. Fenología

Poco se sabe aún acerca de su fenología. En los meses de julio y agosto se suelen capturar machos, probablemente solitarios, en bosques subalpinos del Pirineo (Alcalde *et al.*, 2008; datos propios). Las hembras podrían dar leche hasta finales de verano. Los machos podrían formar *swarming* a partir de mediados del mes de agosto. En la sima de San Cristóbal (Rasillo de Cameros), situada a 1.519 m, se observaron 17 machos a mediados de agosto (Aguirre-Mendi e Ibáñez, 2012).

6. Hábitats de cría y caza

No se conocen con seguridad los refugios que utilizan para formar las colonias de cría, pero *Myotis cf. nattereri* podría formar colonias de cría en oquedades de los árboles y en edificios antiguos de piedra, como ermitas y bordas. En La Rioja se capturaron dos hembras lactantes en un hayedo con abundantes oquedades en los árboles y no se encontró a esta especie en cuevas ni edificios tras una prospección sistemática de muchos refugios de este tipo (Aguirre-Mendi e Ibáñez, 2012). En el Pirineo aragonés se conoce una agrupación de varias decenas de hembras gestantes con *Rhinolophus hipposideros* en la torre de una iglesia románica a 1.200 m de altitud (Lorente, com. pers.). Esta iglesia está rodeada de una extensa repoblación forestal de pino laricio (*Pinus nigra*), donde probablemente se alimenta la colonia. Las áreas de campeo deben comprender bosques abiertos de todo tipo, evitando las zonas excesivamente abiertas como se ha descrito para *Myotis nattereri* (Dietz y Kiefer, 2017).

7. Reproducción

En La Rioja se capturaron dos hembras de murciélago ratonero de Natterer dando leche a mediados de agosto en un hayedo (Aguirre-Mendi e Ibáñez, 2012). En la torre de una ermita situada en el Pirineo aragonés había una agrupación de varias decenas de hembras en avanzado estado de gestación a mediados del mes de junio (Lorente, com. pers.).

8. Alimentación

Myotis nattereri se alimenta de artrópodos no voladores, como arañas, ciempiés, opiliones y moscas (Dietz y Kiefer, 2017).

9. Depredación

No se tienen datos. Podría ser presa del cárabo por hallarse las colonias en edificios rurales y bosques montanos donde esta rapaz nocturna está presente.

10. Factores de amenaza

Debido a los escasos datos disponibles no se pueden describir con precisión las amenazas que pueden afectar a *Myotis cf. nattereri*. La especie podría verse perjudicada por la retirada y la escasez de refugios naturales en los bosques (árboles con orificios de pícidos y oquedades). Las colonias que ocupan edificios rurales pueden provocar molestias por la acumulación de guano y pueden ser desalojadas. En estos casos hay que buscar soluciones que permitan su permanencia. En este sentido, se han limitado los movimientos de los individuos que ocupan en primavera una ermita en el Pirineo aragonés con cortinas para que solo permanezcan en la torre y evitar las molestias en el resto del edificio (Lorente, com. pers).

11. Conservación

- Se recomienda la conservación de masas forestales maduras de buen tamaño (> 50 ha) o conectadas con otras manchas.
- Promover prácticas silvícolas que conserven y mantengan árboles grandes, viejos o muertos con cavidades, susceptibles de ser ocupados por la especie. Orientativamente, se determina un mínimo de 10 pies/ha de más de 40 cm de diámetro normal, vivos o muertos en pie.
- Conservar las características estructurales de la masa en unos 100-200 m alrededor de los árboles refugio que concentran colonias de cría o invernada importantes.
- Evitar la instalación de parques eólicos en sus rutas y en las cercanías de las colonias.
- Proporcionar bebederos o pequeñas balsas donde pueda beber y cazar cerca de sus refugios.
- Es preciso realizar más prospecciones con objeto de conocer mejor la población ibérica, sus requerimientos ecológicos, estado de conservación y desplazamientos migratorios.



Figura 3.30. Agrupación de hembras gestantes de murciélago ratonero de Natterer (*Myotis cf. nattereri*) en la torre de la ermita de Santa María de Iguácel, Aragón. Foto: Luis Lorente.

Capítulo 4

Paisaje forestal

Coordinación: Óscar de Paz y María Napal

Los murciélagos constituyen elementos inherentes a los ecosistemas forestales y estos tienen una función ecológica específica a lo largo de su ciclo anual, ya que los utilizan, según la especie, de forma variada tanto en el espacio como en el tiempo durante algún momento del año (Meschede y Heller, 2000). En la conservación de los murciélagos forestales no solo hay que considerar los bosques, sino también la conexión con el paisaje que los envuelve. Hay especies que se refugian en ellos, pero se alimentan en su exterior, mientras que otras especies, por el contrario, se refugian en construcciones o cavidades subterráneas, pero se alimentan en bosques a los que llegan siguiendo ciertas rutas o sendas de vuelo.

4.1. El paisaje a diferentes escalas

La riqueza y abundancia de murciélagos está sometida a dos escalas espaciales: escala de rodal y escala de paisaje (conjunto del monte o montes). La escala de rodal (espacio homogéneo de bosque) es significativa para considerar la influencia de la gestión forestal, que puede determinar la disponibilidad de refugios potenciales y de presas. Estos vienen determinados por la abundancia de pies viejos, el estado sanitario de la masa o la composición específica de la mancha (véase el capítulo 5).

A escala de paisaje actúan otros factores, como la estructura en mosaico de hábitats, la fragmentación, el efecto de los ecotonos y la conectividad entre hábitats. La combinación de este conjunto de variables a diferentes escalas, además de factores biogeográficos (que actúan a una escala más amplia) y factores estacionales (fenológicos y meteorológicos locales, sobre todo de temperatura, que limita la actividad), establecerían la distribución de los murciélagos en un territorio determinado.

Otro factor que condiciona la extensión de las áreas de campeo es la calidad del hábitat: así, en hábitats óptimos, las distancias recorridas y la superficie de las áreas de caza son menores. Sin embargo, la baja densidad de presas llevará a los murciélagos a salvar distancias más largas y a pasar más tiempo cazando, en áreas mayores, hasta cubrir sus necesidades. Esta relación persistirá hasta que los costes derivados de la caza sean mayores que la energía ingerida, tras lo cual el hábitat dejará de ser habitable para la especie (Stephen y Krebs, 1986). En hábitats subóptimos, las distancias recorridas y el área de campeo pueden multiplicar por varias veces los valores normales en un hábitat de alta calidad (por ejemplo, *Rhinolophus euryale* en Aihartza *et al.*, 2003; *Myotis bechsteinii* en Napal, 2013).

Resulta importante destacar que la idoneidad del hábitat debe definirse a escala local, y puede no verse adecuadamente reflejada en la cartografía forestal. Así, por ejemplo, un factor determinante en la situación de los refugios y de las zonas de caza es la disponibilidad de agua, que puede consistir para especies forestales, de vuelo lento, en pequeños abrevaderos o zonas de río remansadas y con lámina de agua despejada. En otro ejemplo, *Myotis bechsteinii* utiliza aparentemente en la sierra de Cazorla zonas de pino negral maduro, contradiciendo la percepción general de especie con inclinación por los bosques caducifolios; un análisis más detallado, en cambio, revela que la especie selecciona pequeños parches de bosque caducifolio dispersos en el bosque de coníferas (Arrizabalaga-Escudero *et al.*, 2014).

4.2. Variables relevantes a escala de paisaje

Entre las variables locales relevantes se encuentra la distribución, extensión y composición específica del bosque, directamente relacionada con la disponibilidad de refugios y de presas, que son tratadas en otros capítulos. Además, puede considerarse la complejidad estructural de la masa, la edad y porte dominante, etc.

La estructura tridimensional del paisaje proporciona tanto refugios potenciales como hábitats de caza y determina las características de las comunidades de quirópteros que puede albergar (Adams *et al.*, 2009). Las adaptaciones específicas que determinan la maniobrabilidad y la habilidad de caza permiten la clasificación de los murciélagos en tres grupos: primero, aquellas especies que cazan preferentemente en espacios abiertos (cazadores aéreos); segundo, especies que cazan a lo largo de los bordes de vegetación y, tercero, especies que cazan en el interior de la vegetación (Fenton, 1989; Schnitzler y Kalko, 2001).

Aunque, generalmente, se ha estudiado la actividad de los murciélagos desde la perspectiva del suelo (tipo de bosque, distancias y superficies en plano, etc.), se trata de criaturas voladoras, para las cuales el bosque es un espacio tridimensional utilizable.

Los usos del bosque, incluyendo el manejo que de él se haga, pueden determinar también su estructura vertical, o complejidad de estratos (véase el capítulo 5). Hill y Greenaway (2008) mostraron una clara asociación entre un sotobosque bien desarrollado y el número y diversidad de especies de murciélagos forestales (*Plecotus auritus*, *Myotis nattereri*, *M. mystacinus*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii*).

En paisajes cultivados, el incremento de la complejidad del bosque con más huecos, madera caída, cortezas sueltas y árboles dispersos muestra un incremento de la actividad y la riqueza de especies (Lentini *et al.*, 2012). Sin embargo, manchas muy jóvenes, con árboles con mucho ramaje fino, pueden no ser adecuadas para los murciélagos forestales, incluso para aquellos con más capacidad de maniobra. Por ejemplo, en el valle de Karrantza se observó que *Rhinolophus euryale* evitaba los bosques nativos de quejigo, seleccionados positivamente en otros lugares de su rango, pero que en esta localidad eran todos jóvenes (Goiti, 2005). Los procesos naturales de caída de ramas, apertura de claros y complejidad que suceden conforme el bosque va evolucionando naturalmente aumentan su idoneidad (véase el capítulo 11). Por eso, aunque esta técnica no tenga un efecto positivo inmediato claro, entresacar el bosque puede ser, a la larga, más favorable que cortar a hecho o por aclareo sucesivo, que obligan a una regeneración completa, pasando por todas las etapas.

Entre las variables más relevantes a escala de paisaje se cuentan la disponibilidad de puntos de agua o la topografía local en relación con la orientación, junto con la diversidad paisajística y el grado de conectividad, que se tratan a continuación.

4.3. Topografía local

Pequeñas diferencias topográficas y microclimáticas pueden determinar la idoneidad de un emplazamiento para albergar colonias de murciélagos arborícolas. Así, las zonas más protegidas en los cauces de gargantas, o en los fondos de valle, pueden resultar más templadas o mantener una mayor humedad ambiental. Igualmente, las laderas sur, que en el hemisferio norte reciben más insolación, resultan más cálidas que las orientaciones norte. Esto determina que, a escala local, pueda darse una segregación entre las colonias de cría (figura 4.1), con requerimientos de temperatura más altos en las hembras gestantes y lactantes que en los machos o las hembras no reproductivas (Ibáñez *et al.*, 2009).

En invierno necesitan temperaturas bajas para poder mantener el estado de torpor durante meses dentro de las cavidades; por consiguiente, necesitan bosques maduros en zonas umbrías. Por tanto, a lo largo del año las necesidades de paisaje forestal van variando. Este es un factor que debe tener en cuenta el gestor, cuando se hace necesario priorizar las áreas por gestionar o proteger.



Figura 4.1. Situación de las colonias de cría de murciélagos ratoneros forestales (*Myotis bechsteinii*) en la ladera sur de la sierra de Aralar, Navarra. Original: María Napal.

4.4. Puntos de agua

Los murciélagos tienen una tasa metabólica muy alta, además de una gran superficie en relación con su tamaño, con lo que están sometidos a una gran pérdida de agua por evapotranspiración, especialmente en el patagio. El agua es, por tanto, una necesidad básica, en especial durante la gestación y la lactancia. Los puntos de agua son, también, áreas con gran abundancia de artrópodos que les sirven como presa. Por ello, las balsas naturales o artificiales son zonas de atracción especialmente importantes, donde es fácil observar y capturar diferentes especies en una sola noche, especialmente en ambientes mediterráneos o continentales, donde se ha confirmado que la riqueza de especies y la actividad de los murciélagos es más elevada que en los bosques adyacentes (Lisón y Calvo, 2014).

La presencia de agua constituye el principal predictor de la actividad de los murciélagos a escala de paisaje (Wood *et al.*, 2017; Kalda *et al.*, 2015), en especial para las especies que cazan en el borde del bosque, ya que estas suelen cazar en las proximidades de agua o en bosques de ribera debido a la alta densidad de insectos (Russ y Montgomery, 2002).

No todos los puntos de agua son idóneos. Generalmente, los murciélagos prefieren aguas estancadas poco eutrofizadas y con escasa vegetación acuática. Precisamente, los puntos de agua artificiales de obra o de lona (figura 4.2) son puntos predilectos. El hecho de que estén cerrados con malla metálica no impide que los utilicen si son suficientemente anchos o largos (con un mínimo de 3×2 m). Es recomendable, pues, mantener estos puntos de agua, sobre todo si están dentro del bosque o bien en las inmediaciones de zonas arboladas. Otro espacio seleccionado son los remansos en ríos: zonas donde la lámina de agua está tranquila, ya sea en tramos abiertos de montaña como en torrentes forestales con el dosel alto (figura 4.3).



Figura 4.2.
Bebedero artificial
en zona forestal
ideal para los
murciélagos. Foto:
Óscar de Paz.



Figura 4.3. Tramo de río con agua estancada y suficiente profundidad para ser usado como bebedero por los murciélagos.
Foto: Óscar de Paz.

4.5. Heterogeneidad del paisaje: el valor del paisaje en mosaico

La «hipótesis de la heterogeneidad del hábitat» asume que un aumento de la complejidad estructural de un hábitat en mosaico conduce a un aumento en la disponibilidad de nichos ecológicos. De este modo se crean oportunidades adicionales para la explotación de recursos, lo que da como resultado una mayor diversidad de especies (Bazzaz, 1975; Tews *et al.*, 2004).

A pesar de que el conocimiento sobre la ecología de gran parte de especies es aún pobre, en general se ha observado que los murciélagos requieren hábitats en mosaico que combinen bosques maduros, prados y/o cultivos ecológicos y bebederos (figuras 4.4 y 4.5; Wickramasinghe *et al.*, 2003; Flaquer *et al.* 2008). Estos paisajes ofrecen variedad de nichos, que aseguran una disponibilidad de presas prolongada en el tiempo y en el espacio, y que, por tanto, pueden responder a las necesidades de las especies en diferentes momentos de su ciclo.



Figura 4.4. Típico paisaje en mosaico de tipo eurosiberiano, muy diverso en quirópteros. Vega de Pas, Cantabria.
Foto: Óscar de Paz.



Figura 4.5. Típico paisaje forestal de montaña en mosaico con zonas de matorral, pastos altos y bosque.
Foto: Óscar de Paz.

Por tanto, dentro del paisaje forestal del que dependen los murciélagos forestales, en sentido amplio, se incluyen masas boscosas densas, pero también diferentes etapas de la sucesión (herbazales en espacios abiertos, orla de matorral) o variantes locales (bosques riparios o de ribera). Los ambientes riparios bien conservados serían el hábitat más seleccionado por la mayor parte de las especies (Vaughan, 1997) y son imprescindibles para algunas especies como *Myotis daubentonii* y *M. capaccinii* (Almenar *et al.*, 2013; López-Baucells *et al.*, 2017). En zonas con alta densidad de presas, como los bosques de ribera (Ober y Hayes, 2008), las áreas de alimentación se concentran a menos distancia (Kronwitter, 1988), como sería el caso de *Nyctalus noctula* en Lleida, con una distancia máxima de caza de unos 8 km (Camprodon y Guixé, 2013), aunque se citan distancias de caza superiores a 26 km para esta especie (Gebhard y Bogdanowicz, 2004).

Otras especies (*Myotis bechsteinii*, *Barbastella barbastellus*, *Plecotus auritus*, *Rhinolophus* sp.) dependen de zonas boscosas continuas para establecer sus refugios y áreas de caza, y así poder seleccionar diferentes zonas de bosque según la finalidad. Por ejemplo, los espacios más abiertos, con arbolado claro —o, en todo caso, no muy denso— y menor complejidad vertical pueden ser más adecuados para el establecimiento de refugios y para la caza (figuras 4.6 y 4.7).



Figura 4.6. Zona con presencia de refugios del murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) en Navarra. Foto: María Napal.



Figura 4.7. Dehesa de quejigos, Sierra Morena, Andalucía. Foto: Óscar de Paz.

Diversas especies modelizadas han seleccionado positivamente los ambientes abiertos de algún tipo (cultivos o prados con orlas arbustivas y herbáceas bien pobladas), incluso las más estrictas forestales, como *Myotis bechsteinii* y *Nyctalus leisleri*, lo que reafirma la urgencia de proteger y fomentar este tipo de ambientes cercanos a las áreas refugio forestales (Guixé y Campodon, 2011; Puig *et al.*, 2008).

Los ecosistemas poco alterados, resultado de una sucesión ecológica prolongada, son más complejos; los ecosistemas más antropizados, por el contrario, muestran una gran homogeneidad. La intensificación forestal o agrícola, que tiende a homogeneizar los paisajes, tiene un impacto profundo en comunidades de insectos nocturnos, que para los murciélagos son un recurso limitado. Las poblaciones de murciélagos pueden verse favorecidas por medio de una agricultura menos intensiva, que provea y mantenga hábitats diversos y estructuralmente variados en zonas forestales, que a cambio proporcionan una amplia selección de insectos presa, incluyendo familias de insectos que forman parte significativa de la dieta de las especies más raras de murciélagos (Wickramasinghe *et al.*, 2003).

4.6. Ecotonos

Una de las características de los paisajes con mayor mosaicismo es la abundancia de ecotonos, zonas de transición entre dos ecosistemas. Son zonas de una elevada diversidad de artrópodos (Lewis, 1970; Russo *et al.*, 2004) y pueden servir, también, como elementos destacados del paisaje, que sirven para orientar la navegación en condiciones de baja densidad de obstáculos (*clutter*), constituyendo rutas de paso más efectivas que el interior del bosque (figura 4.8). Buena parte de las especies de murciélagos prefieren seguir los espacios lineales y ecotonos, más que el interior de masas demasiado cerradas o de espacios demasiado abiertos (Kusch *et al.*, 2004). Distintos autores (Walsh y Harris, 1996; Sleep y Brigham, 2003; Hein *et al.*, 2009) han mostrado que los murciélagos seleccionan preferentemente los límites del bosque frente a cualquier otro tipo de hábitat, incluyendo las zonas abiertas dentro del bosque. Por ejemplo, en algunos hayedos se ha observado una mayor actividad y riqueza (una media más alta de contactos y de intentos de caza o *buzzes*) en los umbrales de bosque respecto al interior y significativamente más baja en los espacios abiertos de campos o pastos (Camprdon y Guixé, 2007; Napal *et al.*, 2010).



Figura 4.8. Las áreas de transición entre bosques y pastos (ecotonos) poseen una elevada diversidad de artrópodos y sirven de ruta en los movimientos de los murciélagos. Valle de Pas, Cantabria. Foto: Óscar de Paz.

4.7. Fragmentación

Los estudios que tratan el efecto de la fragmentación forestal sobre la fauna de quirópteros en Europa son escasos (Russo *et al.*, 2016). La hipótesis de partida es que la atomización del hábitat disponible en pequeñas parcelas de bosque rodeadas por cultivos puede comportar cambios en la composición y abundancia de los quirópteros. Estos cambios pueden suponer un empobrecimiento de la diversidad de quirópteros, si hacemos caso de lo que suele ocurrir en otros grupos animales más estudiados, principalmente en aves forestales (Tellería y Santos, 1999). Sin embargo, los murciélagos pueden no seguir el mismo patrón ecológico, al ser animales con una ecología y sistemas sociales sustancialmente diferentes a los de las aves, a pesar de que comparten algunos rasgos con aquellas que utilizan cavidades, como es la necesidad de disponer refugios en árbol.

La fragmentación puede llegar a ser un problema importante para los quirópteros forestales. Dependiendo básicamente de la presencia de cavidades para refugiarse y de la distancia de sus refugios a masas forestales más extensas utilizadas como hábitats de alimentación, es de suma importancia que los fragmentos no sean demasiado pequeños ni que se encuentren totalmente aislados, y su importancia se incrementaría si se encontraran conectados por corredores verdes (márgenes arbóreos, matorrales, ríos, etc.) que son utilizados por los quirópteros como vías de comunicación (Hein *et al.*, 2009). Por ejemplo, incluso una especie tan estrictamente ligada al bosque como el murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) puede establecer colonias de cría en fragmentos pequeños, de unas pocas hectáreas, siempre que se hallen conectados con otros fragmentos, hasta alcanzar como mínimo las 25 ha (Hill y Greenaway, 2006). Experiencias en robledales y aves ponen de manifiesto que fragmentos inferiores a una hectárea son poco diversos y pierden complejidad estructural (Camprodon, 2013), aspecto que probablemente se puede extrapolar a los murciélagos (figura 4.9). En fragmentos de robledal de tamaño grande (2-20 ha), los murciélagos encuentran refugio y pueden cazar en su interior o bien, sobre todo, en sus umbrales (Camprodon y Guixé, 2008).



Figura 4.9. Fragmentos de robledal (verde) en una matriz agrícola (amarillo). Los círculos rojos señalan pequeños rodales con escasa capacidad de acogida para los murciélagos, mientras que los fragmentos mayores (círculos verdes) conforman un mosaico con los espacios abiertos, de interés para murciélagos arborícolas. Original de Jordi Camprodon.

De cualquier modo, los murciélagos, incluso las especies más estrechamente ligadas al bosque, son capaces de utilizar zonas abiertas para sus desplazamientos. La hipótesis de la importancia de la estructura forestal con abundancia de presas y presencia de cavidades puede ser más importante, en ciertos casos, que las dimensiones del fragmento y del aislamiento forestal (Camprodon y Guixé, 2007). Las especies que capturan a sus presas en la vegetación en el interior de las masas forestales se han considerado más vulnerables que aquellas que cazan en áreas abiertas, ya que se asume que estas pueden adaptarse mejor a la fragmentación del hábitat (Jones *et al.*, 2003; Safi y Kerth, 2004).

Uno de los factores asociados a la fragmentación, y que puede agravar sus efectos, es la presencia de vías de comunicación (carreteras, autovías...) entre fragmentos (véase el capítulo 8). Las carreteras pueden actuar como barreras para el movimiento de los murciélagos en función de la interacción entre el hábitat y el comportamiento de la especie. Por ejemplo, cuando el hábitat es suficientemente atractivo en el fragmento aislado, el efecto barrera se ve disminuido, pero el riesgo de colisión se incrementa (Fensome y Mathews, 2016). Aparentemente, los murciélagos usan los pasos subterráneos bajo las carreteras, incluso si estos no son construidos específicamente para ellos (Boonman, 2011), pero parece que prefieren aquellos un poco altos, de más de 2 m de altura.

4.8. Conectividad

Un paisaje conectado mediante altos setos, líneas de árboles y bosques de ribera que enlazan bloques de bosques es de gran importancia para el sostenimiento de cualquier población de quirópteros (Cowan, 2002). La conectividad puede ser suficiente para remediar o aliviar la fragmentación del hábitat para especies voladoras como son los murciélagos. Seguramente, los fragmentos de bosque ven incrementada su calidad como hábitat para los murciélagos si están conectados por corredores verdes entre sí (márgenes arbóreos, matorrales, ríos, etc.). De hecho, los modelos basados en rutas de mínimo coste (*least cost*), que asignan un valor diferente a cada unidad del mapa, según la dificultad que suponga para la especie atravesarla, han demostrado lograr mejor ajuste y capturan mejor la conectividad funcional que los modelos de distancias euclídeas, que consideran las distancias geográficas sin más consideración (Adriaensen *et al.*, 2003).

Los elementos lineales (setos, bosques de ribera, líneas de árboles) son muy importantes para mantener la conectividad del paisaje e incluso como hábitats de caza. Especies como *Pipistrellus pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *Myotis daubentonii*, *Myotis nattereri*, *Rhinolophus hipposideros*, *R. ferrumequinum*, *Plecotus auritus* y *Eptesicus serotinus* cazan o se desplazan a lo largo de elementos lineales (por ejemplo, Downs y Racey, 2006), aunque las especies más pequeñas son más dependientes de estos elementos lineales, mientras que las más grandes pueden utilizar con más frecuencia espacios abiertos (Limpens y Kapteyn, 1991).

Por otra parte, se asume que los ríos y los bosques de ribera que los acompañan constituyen rutas importantes para el desplazamiento de muchas especies, puesto que proporcionan pautas para la migración a larga distancia, orientación y zonas de caza para los migrantes (Serra-Cobo

et al., 1998; Russo y Jones, 2003). Varias especies migradoras se concentran en los bosques de ribera, especialmente durante las épocas de migración en primavera y otoño, y se ha documentado cómo la actividad de estas especies (*Nyctalus* spp., *Pipistrellus* sp.) se desplaza de los lagos hacia los ríos en época de migración (Gerges, 2011).

Capítulo 5

Estructura del rodal

Coordinación: Jordi Camprodon

Dos factores estructurales a escala interna del bosque condicionan la riqueza y la actividad de los quirópteros: a) la heterogeneidad vegetal en los planos vertical y horizontal, y b) la madurez del bosque. Del primer factor depende, sobre todo, la mayor parte de la oferta trófica de los murciélagos en forma de insectos. Del segundo factor depende la disponibilidad de refugios de calidad y, secundariamente, la disponibilidad trófica. De ambos factores depende, también, que el escenario sea apto para que los murciélagos puedan volar y orientarse con libertad de movimientos. Esto significa que no haya un excesivo espesor o cubierta vegetal que les dificulte los movimientos de caza, relación o búsqueda de refugio.

5.1. Heterogeneidad

5.1.1. Estructura vertical de la vegetación

La abundancia de presas es mayor en los ecotonos de los bosques con un perfil complejo de vegetación que en espacios despejados, como se ha descrito en robledales en Cataluña (Camprodon y Guixé, 2008, figura 5.1). Para las especies que cazan sobre superficies (*gleaners*), la complejidad estructural proporciona una mayor abundancia de nichos donde alimentarse. Además, el viento puede acumular presas en los ecotonos. Por otra parte, el follaje puede proporcionar defensa contra depredadores y suavizar las condiciones microclimáticas en torno a los refugios, lo que aporta una mayor estabilidad.

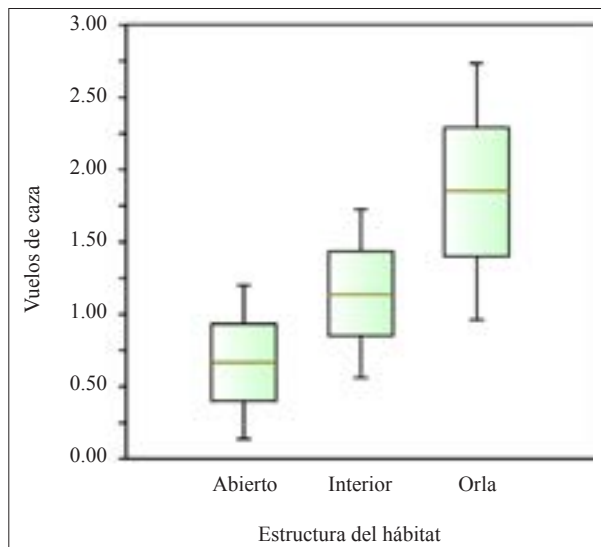


Figura 5.1. Abundancia media de contactos de caza en diferentes estructuras de hábitat de un paisaje agroforestal, compuesto por espacios abiertos, interior de bosque (robledal) y sus ecotonos (orla arbustiva y arbórea). Comarca de Osona, Cataluña (Camprodon y Guixé, 2008).

Zonas muy densificadas en estratos verticales de arbustos y lianas, por ejemplo, en los encinares de tipo litoral o de los pinares densos (figura 5.2) pueden oponer una barrera para las operaciones de vuelo de los murciélagos. Sin embargo, los orejudos pueden forrajear en el borde de estas superficies verticales en búsqueda de arañas y otros invertebrados. Por otro lado, sotobosques despejados con abundante hojarasca son buenos espacios para el rastreo de coleópteros por parte de *Myotis myotis*. Una estructura en el plano horizontal de grandes mosaicos de sotobosque, más o menos densos o despejados o formando claros, puede ofrecer oportunidades de caza para distintas especies de quirópteros.



Figura 5.2. Plantación de pino silvestre cuya elevada densidad dificulta acceso a los quirópteros. Riaño, León.
Foto: Jordi Camprodon.

5.1.2. Estructura horizontal de la vegetación

Densidades muy elevadas de arbolado, del orden de más de 1.500 pies/ha en superficies extensas (de varias decenas a centenares de ha) son poco maniobrables para el vuelo de caza o desplazamientos de los murciélagos y búsqueda de refugios, incluso para aquellos con más capacidad de maniobra (figura 5.2).

Los rodales excesivamente densos corresponden a situaciones de colonización de pastos, con un regenerado denso que da estructuras regulares de bosque. En ellos escasean o son ausentes los árboles grandes y viejos, con lo cual la disponibilidad de refugios es baja o nula y el sotobosque, muy escaso por falta de luz y competencia arbórea.

Estos rodales altamente densos y homogéneos sufrirán cambios en el plano horizontal a lo largo de un ciclo silvogenético, que corresponde al periodo de longevidad de las especies arbóreas principales. Los factores causantes serán la competencia entre pies muy próximos, las perturbaciones (viento, nieve, incendios, enfermedades, plagas, daños de ungulados) o bien las diferencias de la calidad de estación a pequeña escala. Estos factores propiciarán la apertura de claros por caída de grupos de árboles, que heterogeneizarán el rodal en el plano horizontal y lo permeabilizarán para el vuelo de los murciélagos. La complejidad de estructuras y de clases de edad del arbolado, producto de la mortalidad de pies aislados o grupos de árboles, conferirá más oportunidades para la caza y el refugio. Por ejemplo, los murciélagos arborícolas tienden a ocupar cavidades en rodales claros, con árboles altos y gruesos y con elevada densidad de estacas, condiciones que pueden facilitar la localización de cavidades (Campbell *et al.*, 1996; Kalcounis-Rüppell *et al.*, 2005).

El ciclo silvogenético hacia etapas de mayor madurez a partir de masas muy cerradas y monoespecíficas se sucederá a una escala temporal de decenios a centenares de años producto de perturbaciones de baja intensidad en el espacio. Pero, también, puede verse estancada en el tiempo y truncada finalmente por una perturbación de alta intensidad que dé al traste con todo el rodal, como un gran incendio forestal. Las intervenciones silvícolas pueden facilitar y acelerar este proceso con el objetivo de estabilizar la masa y permitir que avance hacia estados de mayor complejidad estructural y madurez (figura 5.3).

La heterogeneidad horizontal (desde unos pocos m² a escasas hectáreas) permite la selección de distintas zonas para refugio y forrajeo de los quirópteros. La distribución de rodales maduros aptos como refugio permite una distribución a lo ancho de un territorio amplio de las colonias de cría en función de las buenas zonas de forrajeo. Se ha descrito la selección de colonias en emplazamientos cercanos a zonas de forrajeo, tales como espacios abiertos y puntos de agua, como estrategia para reducir el coste energético (Miles *et al.*, 2006; Barclay y Kurta, 2007).



Figura 5.3. Ejemplos de diferente heterogeneidad estructural en hayedo. Izquierda, monte bajo sin apenas sotobosque sobre sustrato silíceo (Parque Natural del Montseny). Derecha, monte alto con boj sobre sustrato calcáreo, en la sierra de Milany (Prepirineo oriental). Fotos: David Guixé.

5.2. Madurez

Distintos estudios han documentado la preferencia de los bosques maduros por parte de los murciélagos (por ejemplo, véase la revisión de Hayes y Loeb, 2007, así como Gellman y Zielinski, 1996; Camprodon *et al.*, 2009; Ruczynski *et al.*, 2010). A medida que un árbol envejece y, además, aumenta de tamaño, se incrementa la probabilidad de generación de cavidades que actúen como potenciales refugios, sea por procesos naturales (cortezas levantadas, desgarros, agujeros por caída de ramas...) o excavadas, por ejemplo, por pícidos (véase el capítulo 6). De hecho, la disponibilidad de refugios puede ser más determinante para la presencia de murciélagos arborícolas que la abundancia de presas (Crampton y Barclay, 1998).

Además, los árboles de más edad y, por tanto, mayor porte y diámetro proporcionan un mejor aislamiento. Estos árboles pueden, potencialmente, albergar cavidades espaciosas, que den cabida a grupos más numerosos, con lo cual puedan experimentar ventajas termoenergéticas (Willis y Brigham, 2007).

Por ejemplo, en los hayedos del nordeste de Cataluña se ha comprobado cómo la riqueza y actividad de murciélagos se relaciona positivamente con la madurez del bosque (figura 5.4). Así, es relativamente elevada en las estructuras más maduras con cavidades en árbol abundantes y descende a lo largo de un gradiente de pérdida de madurez del bosque, siendo mínima en los hayedos con numerosos pies de rebrote y con cavidades escasas y de menor calidad (figura 5.5). En estos hayedos los especialistas forestales, entre los que destacan *Nyctalus leisleri* y *Myotis cf. nattereri*, se asocian positivamente con la densidad de árboles mayores de 45 cm de clase diamétrica y con el volumen de madera muerta (Camprodon *et al.*, 2009). También se asocian a este factor murciélagos de costumbres más generalistas, como *Pipistrellus kuhli*. La pérdida de riqueza de especies es más acusada en el interior del bosque que en los linderos.



Figura 5.4. Hayedo maduro de Gresolet (Parque Natural del Cadi-Moixeró).
Foto: Jordi Camprodon.

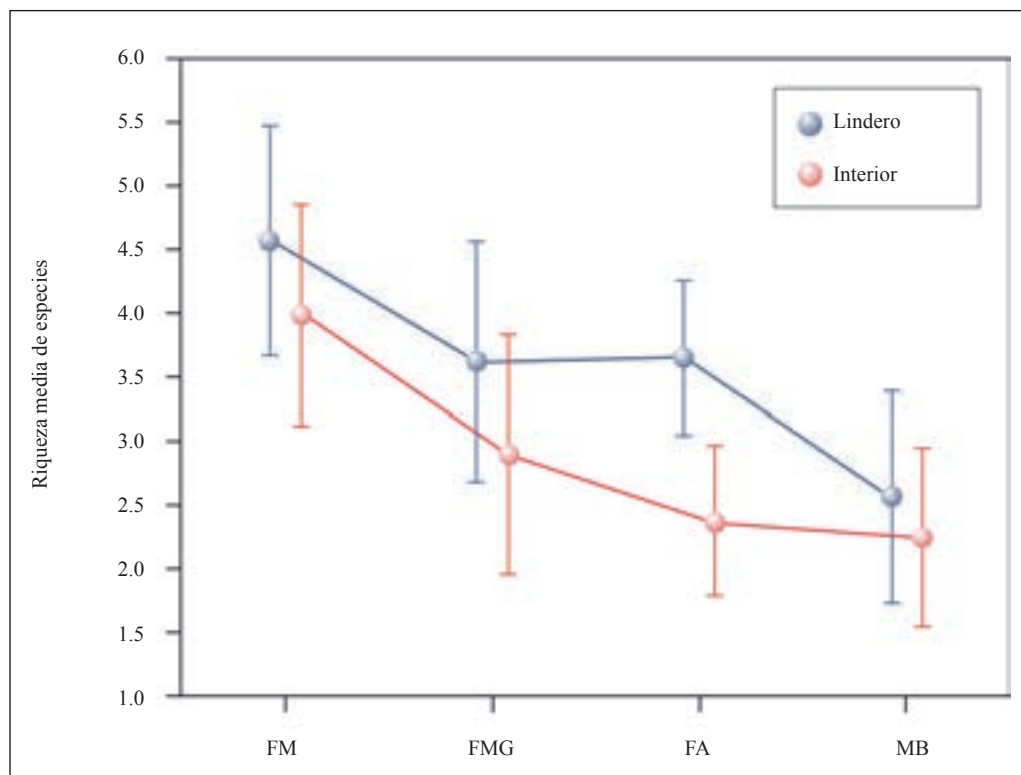


Figura 5.5. Riqueza media de especies de murciélagos en verano por estación de muestreo en los linderos de hayedos con los espacios abiertos y en el interior del bosque, según tipos estructurales de hayedo en el noreste de Cataluña. FM: fustales maduros sin gestión productiva y con cavidades abundantes; FMG: fustales maduros con gestión productiva; FA: fustales altos tratados por entresaca; MB: monte bajo de haya. Fuente: Camprodon *et al.*, 2009.

5.3. Dehesas y espacios abiertos con árboles

Los sistemas silvopastorales con pastoreo bajo un dosel arbóreo en baja densidad suelen estar asociados a una elevada actividad de murciélagos (Frey-Ehrenbold *et al.*, 2015; Wood *et al.*, 2017). El arbolado de grandes dimensiones proporciona refugios y el sistema mixto arbolado y pastoral, en su conjunto, ofrece variedad de presas a los murciélagos (figura 5.6). Incluso el arbolado disperso en una matriz agrícola puede albergar elevadas poblaciones de murciélagos. Densidades de 20-30 árboles/ha en una matriz agrícola albergan poblaciones abundantes de murciélagos (Lumsden y Bennett, 2005; Fischer *et al.*, 2010).



Figura 5.6. Robledal adhesado de *Quercus cerroides*. Hábitat del murciélago ratonero forestal. Macizo del Turbón. Pirineos. Foto: Luis Lorente.

Capítulo 6

Cavidades y tipología de refugios

Coordinación: Jordi Camprodon y David Guixé

6.1. Formación de cavidades

Los quirópteros requieren varios refugios para descansar, reproducirse o hibernar. Los murciélagos fisurícolas utilizan pequeñas grietas y agujeros en roquedos, cuevas, edificios y árboles, mientras que los cavernícolas ocupan cavidades subterráneas, como cuevas, galerías y minas. En cambio, los murciélagos arborícolas dependen de la disponibilidad de refugios en árbol, sea en bosques, arboledas o parques urbanos.

Los árboles pueden ofrecer gran variedad de refugios para los quirópteros, según su origen, por procesos físicos o biológicos: grietas producidas por accidentes (viento, nieve, rayos, fuego), descomposición del tronco o de cicatrices de caída de ramas por senectud del árbol o por infecciones de hongos e insectos, o viejos nidos de pájaros carpinteros (figura 6.1). No todos los quirópteros forestales seleccionan el mismo tipo de cavidad, por lo que un solo árbol puede acoger a más de una especie de murciélago, en función de la variedad de refugios y espacio que contenga.

Los murciélagos arborícolas dependen de las cavidades en árbol para refugiarse y su supervivencia puede verse amenazada por la pérdida de estos refugios (véanse, por ejemplo, Webb y Shine, 1997; Gibbons y Lindenmayer, 2002). La situación de la mayoría de los bosques ibéricos es de una baja disponibilidad de buenas cavidades para los murciélagos. Una parte de nuestros bosques son demasiado jóvenes, resultado de la colonización de espacios abiertos durante los últimos 50 o 60 años. Otra parte se ha gestionado o se han manejado hasta tiempos recientes como monte bajo o bien se trata de monte alto con turnos o diámetros de corta bajos. En consecuencia, escasean los árboles de gran tamaño, añosos o decrépitos, que son los que forman cavidades aptas. Los árboles muertos, malformados o bifurcados pueden ser retirados por los gestores por la falta de interés económico, riesgo de propagación de plagas, peligro de caída o por motivos estéticos.

A menudo, la disponibilidad de una buena red de cavidades en árbol solo se encuentra en los parques y otros espacios verdes urbanos con viejas frondosas, que acogen colonias de quirópteros arborícolas. Sin embargo, la poda de grandes ramas o el bajo porte de estos árboles debido a podas de formación desde jóvenes disminuyen su capacidad de formar cavidades. Un refugio particular son las acumulaciones de frondas secas aplicadas al tronco de las grandes palmeras, principalmente del género *Washingtonia*. Su poda es habitual por motivos estéticos, lo cual da al traste con este refugio. Por ello, la densidad y distribución de grandes árboles en un bosque o en un parque condicionará la abundancia de quirópteros y la presencia de colonias de cría, apareamiento e invernada estables.



Figura 6.1. Roble viejo y decrepito con la fauna asociada. De izquierda a derecha: cárabo, nóctulo pequeño, jineta, salamanguera común, murciélago de bosque, trepador azul, búho chico, lirón gris, pico picapinos, agateador común. Ilustración: Martí Franch.

6.1.1. El tamaño y la edad del árbol

La probabilidad de que un árbol forme cavidades en su tronco o ramas gruesas se incrementa con su edad y tamaño. Como en todo ciclo natural, un árbol, a medida que envejece, empieza a acusar el paso de los años: accidentes que rompen ramas o el propio tronco, nidos de picos, podredumbres en su duramen, cicatrices, grietas... y a su vez genera una gran cantidad de vida que se retroalimenta. De forma progresiva, los descomponedores (hongos e invertebrados) los colonizan y de paso generan cavidades que podrán ser utilizadas por los murciélagos. Los árboles secos en pie tienen un gran atractivo para los picos, cuyos nidos viejos pueden ser reutilizados por otras especies.

A modo orientativo, a partir de los 100-150 años y unos 50-60 cm de diámetro normal se incrementa significativamente la probabilidad de que un árbol presente cavidades (Carlson *et al.*, 1998; Campronon *et al.*, 2008), pero esto dependerá de la especie de árbol y de sus condiciones de estrés. Por ejemplo, un estudio en hayedos pone de manifiesto que a partir de unos 70 cm de diámetro normal por los menos el 50% de las hayas tienen cavidades aptas para aves o quirópteros no producidas por pícido (Campronon *et al.*, 2008). Otro estudio señala que hayas jóvenes de menos de 30 cm de diámetro no presentan prácticamente cavidades útiles (Russo *et al.*, 2004).

6.1.2. Los pájaros carpinteros

Los pícidos no requieren árboles muy gruesos para excavar sus nidos. A partir de un diámetro normal de 14-18 cm, un pico picapinos puede excavar su nido, y se requiere un diámetro de unos 35 cm para un picamaderos negro (Camprodon *et al.*, 2007). A pesar de ello, los picos en general prefieren árboles de mayor grosor, buen porte (altos y desramados) y decrepitos o bien muertos y desramados (estacas). Dado que los árboles gruesos escasean en el bosque, los pícidos constituyen un grupo clave en el suministro de cavidades para los murciélagos (tabla 6.1).

Tabla 6.1. Características básicas de los nidos de picos ibéricos. Fuente: Camprodon *et al.*, 2007, y Gorman, 2004.

Nombre común	Nombre científico	Dimensiones del agujero (cm)	Profundidad de la cavidad (cm)	Grosor mínimo del tronco (dn en cm)	Altura media del nido (m)	Preferencia de árbol-nido	Localidad de referencia
Picamaderos negro	<i>Dryocopus martius</i>	13 × 8	60	35	7-8,5	Madera viva o muerta de pinos y frondosas	Cataluña
Pico picapinos	<i>Dendrocopos major</i>	4,9-6 × 4,9-6	25-35	14-18	3-8	Frondosas de madera blanda, con preferencia por árboles decrepitos	Cataluña
Pico dorsiblanco	<i>Dendrocopos leucotos</i>	7 × 7	30	41	22	Frondosas, sobre todo hayas decaídas	Navarra
Pico mediano	<i>Dendrocopos medius</i>	4,5 × 4,5	25-35	20-22	7-9	Frondosas decrepitas, por ejemplo, robles, a menudo con afiloforales	Cordillera Cantábrica
Pico menor	<i>Dendrocopos minor</i>	3,4 × 3,5	20-30	13 (7,5 para dormidero en rama)	3-6	Frondosas de madera blanda y muerta, por ejemplo, chopos	Cataluña
Pito real	<i>Picus viridis</i>	6 × 7,5	40	20	3-12	Árboles sanos o decrepitos	Europa Central

6.2. Factores de selección

La selección de los refugios en árbol por parte de los murciélagos no es una labor fácil, y puede significar una importante inversión de tiempo y costes energéticos. La búsqueda puede efectuarse de forma visual y mediante la ecolocación, a cortas distancias del árbol. Escuchar y seguir a otros murciélagos puede contribuir muy significativamente a la reducción de costes de esta búsqueda (Ruczynski *et al.*, 2009).

No todas las cavidades son igual de útiles. Hay cavidades preferidas a otras y su selección depende de distintos factores: el aislamiento frente a las temperaturas externas, la conservación de la humedad ambiental, la capacidad de acoger un harén o una colonia de cría o de invernada, la seguridad que pueda ofrecer frente a condiciones meteorológicas adversas, depredadores y parásitos, etc. Por ejemplo, cavidades estrechas pueden dificultar el acceso de depredadores. La cavidad escogida (temperatura interna, dimensiones de la cámara y del agujero de entrada, altura, orientación, insolación, etc.) dependerá de los factores anteriores y de la oferta de cavidades del rodal (figura 6.2).

La disponibilidad de buenas cavidades en árbol es escasa en la mayoría de bosques productivos. Además, las cavidades pueden tener una duración bastante limitada, sobre todo en estacas de madera en descomposición avanzada, que pueden caer fácilmente por un vendaval. Una estaca de frondosa de madera blanda puede llegar a una «vida útil» de 4-5 años (Smith, 1997). Asimismo, las estacas con cavidades de pico tienen más probabilidad de romperse por la menor resistencia que ofrecen a la altura del nido (Holzinger, 1987; Martínez-Vidal, 2001).

6.2.1. Preferencias por especie

No todos los murciélagos prefieren el mismo tipo de cavidad, sino que puede establecerse, en este sentido, cierta especificidad. Por ejemplo, arborícolas como los nóctulos y *Myotis bethseini* seleccionan preferentemente cavidades amplias, entre las cuales se encuentran los nidos de pico (figura 6.2); fisurícolas como *Pipistrellus pipistrellus* y *P. pygmaeus* prefieren cavidades pequeñas o estrechas; por su lado, la barbastela se refugia habitualmente bajo las grietas de las cortezas (figura 6.3). De este modo, un árbol con distintos tipos de cavidades puede ser ocupado por diferentes especies de murciélagos. Por otra parte, es habitual que una misma cavidad pueda ser ocupada en distintos momentos por especies diferentes y que incluso puedan llegar a convivir en ella, como, por ejemplo, los nóctulos mediano y pequeño (Ruczynski y Bogdanowicz, 2008).



Figura 6.2. Cavity de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) en alcornoque (*Quercus suber*). Almoraima, Cádiz, Andalucía. Foto: David Pastor.



Figura 6.3. Refugio de barbastela (*Barbastella barbastellus*) en pino rodeno (*Pinus pinaster*). Sierra de San Vicente, Toledo, Castilla. Foto: Óscar de Paz.

6.2.2. Redes de cavidades

Los quirópteros arborícolas requieren una alta disponibilidad de refugios. Un individuo utiliza distintas cavidades a lo largo del año y el recambio puede realizarse cada pocos días, de forma que puede hablarse de una red de cavidades utilizadas por una población de quirópteros a escala de rodal, entre rodales e incluso entre distintos bosques. Se ha estimado que un individuo puede utilizar más de 20 cavidades diferentes en un mismo bosque que irá utilizando a lo largo de los años (Forestry Commission England y Bat Conservation Trust, 2005). A partir de datos obtenidos de radioseguimiento en nóctulos, se considera que cada colonia utiliza entre 8 y 25 árboles como refugio al año, sea de cría (Barclay y Kurt, 2007) o de apareamiento (Camprodon y Guixé, 2013). Para *Myotis bechsteinii*, por ejemplo, se ha descrito que las colonias de cría utilizan un mínimo de 34 refugios diferentes separados entre 11 y 798 m entre sí (Dietz y Pir, 2009).

Por otra parte, se ha comprobado que existe un elevado grado de fidelidad hacia el refugio y la zona donde se concentran grupos de árboles-refugio, que utilizan año tras año. Por ejemplo, en *Plecotus auritus* (Paz *et al.*, 1986; Benzal, 1991) y en especies migratorias como los nóctulos (Aellen, 1984; Camprodon y Guixé, 2013).

El recambio puede deberse a variaciones estacionales en el confort de la cavidad (en temperatura y humedad), la concentración de parásitos, por molestias causadas por otros animales o por depredación. Las hembras lactantes cambian a menudo de refugio (Russo *et al.*, 2004), por ejemplo, cada 2,5 días de promedio en nóctulos (Barclay y Kurt, 2007; Camprodon y Guixé, 2013) o cada 1,5 días en una colonia de hembras lactantes de *Plecotus auritus* (Flaquer *et al.*, 2009). Para esta especie también se ha descrito un cambio de refugio de forma regular cada 1-5 días en un radio de unos pocos cientos de metros (Dietz y Kiefer, 2017). Del mismo modo, una misma cavidad puede ser reutilizada por el mismo individuo u otros a lo largo de distintos años. Lucan *et al.* (2009) hallaron en Chequia un porcentaje del 35% de cavidades reutilizadas por *Myotis daubentoni* y *Nyctalus noctula* durante un periodo de 5-10 años.

6.2.3. Selección según la estación del año y el sexo

La selección de un tipo u otro de cavidad depende del sexo y del estadio del ciclo vital en que se encuentren los murciélagos: cría, apareamiento o invernada. Normalmente, los machos y las hembras no reproductoras tienden a preferir refugios frescos y con cierta humedad, sobre todo en los periodos veraniegos y durante la hibernación, donde podrían tener problemas de deshidratación. Una sola cavidad de árbol puede albergar a varios ejemplares. Puesto que no es una cueva no cabrán cientos de ellos, pero sí harenes o colonias de cría de varias hembras, según las dimensiones de la cámara y la densidad de murciélagos de la zona.

En época no reproductora los quirópteros son bastante adaptables y pueden ocupar temporalmente lo que podríamos llamar pequeños apartamentos para solteros: grietas estrechas de uso individual en las ramas e incluso en la base de los árboles, como se ha comprobado para *Nyctalus leisleri* en bosques de haya del Montseny antiguamente carboneados, deficitarios en buenas cavidades. Por el contrario, en invierno suelen utilizar cavidades bien aisladas de las oscilaciones

térmicas. Para la invernada, pueden recurrir a cuevas o minas, probablemente porque no encuentran cavidades adecuadas en árbol y/o porque las condiciones en galerías subterráneas son más estables y seguras, como ocurre con colonias invernantes de barbastela y murciélago ratonero forestal en el sistema de búnkeres de Nietoperek, en Polonia (T. Kokurewicz, com. pers.).

Las hembras deben mantenerse homeotermas para preservar el desarrollo fetal y la lactancia (Altringham, 1996); por ello, las altas temperaturas ambientales les permiten mantener la temperatura corporal pasivamente. De este modo, las hembras preñadas seleccionan refugios calientes durante la primavera y el verano, para mantener el calor corporal de las crías. Además, normalmente se agrupan y forman colonias de apareamiento para mantener mejor el calor corporal. Luego parecen apropiados los agujeros cercanos a la superficie de la corteza, sin muchos árboles que les produzcan sombra para que así llegue el calor del sol. Sin embargo, los refugios deben conservar cierta humedad, por lo que serían más apropiados en situaciones de penumbra. En cambio, los machos intentan utilizar en esta época refugios más fríos para ralentizar su metabolismo, como estrategia para ahorrar energía (Kerth *et al.*, 2000), tal y como lo hacen en la hibernación (Flaquer *et al.*, 2007).

6.2.4. La especie arbórea

Se ha descrito una selección directa de la especie de árbol como refugio en distintas especies de murciélago. Por ejemplo, en el bosque de Bialowieza, los nótulos mediano y pequeño prefieren robles y arces, mientras que evitan los carpes y los alisos (Ruczynski y Bogdanowicz, 2008). Ambos prefieren los robles a los arces cuando las temperaturas son bajas. Las hembras gestantes y lactantes seleccionan también los robles, pero una vez han volado las crías, usan otros árboles, sobre todo arces.

De forma indirecta, la selección de una cavidad por parte de los quirópteros puede depender de la especie arbórea. Por ejemplo, las frondosas producen más cavidades naturales con la edad y los pájaros carpinteros prefieren excavar sus nidos en árboles de madera blanda o con podredumbres. Algunos árboles como álamos, sauces o alisos pueden proporcionar cavidades a edades más jóvenes del árbol que otras especies, como las fagáceas y pináceas. Estos datos nos indican que potenciar la heterogeneidad de especies arboladas en un rodal incrementa la probabilidad de encontrar cavidades aptas. En *Myotis alcaethoe* se ha observado que seleccionan pequeñas oquedades en acebos en un bosque mixto bastante maduro (Coronado *et al.*, 2017).

Pinos y abetos con una estructura muy cónica y sin ramas gruesas no forman tantas cavidades naturales por autopoda como las frondosas (Carlson *et al.*, 1998). La mayoría de las cavidades en coníferas son originadas por picos, rayos o podredumbres en árboles decrepitos o grietas en corteza.

6.2.5. Estructura y edad del árbol

Entre el elenco de árboles disponibles en un bosque, los quirópteros tienden a seleccionar cavidades en árboles añosos, de troncos gruesos y altos, incluso con mayor predilección que las aves ocupantes de cavidades (Russo *et al.*, 2004; Kalcounis-Rüppell *et al.*, 2005; Ruczynski y Bogdanowicz, 2008). Esta preferencia puede deberse simplemente al hecho de que la probabilidad de encontrar cavidades aptas aumenta con el tamaño del árbol. Sin embargo, la selección puede ser deliberada, ya que troncos y cortezas más gruesas ayudan a mantener más aislado el refugio a las temperaturas extremas (Nicolai, 1986; Gellman y Zielinski, 1996), y árboles más altos y gruesos pueden ofrecer cavidades a mayor altura (Ruczynski, 2006). Así, es plausible que esta tipología de árbol sea discriminada con preferencia en la búsqueda visual de nuevas cavidades por parte de especies de actividad crepuscular, como el nóctulo mediano (Ruczynski *et al.*, 2009), ya que los árboles altos pueden proporcionar cavidades más insoladas y más alejadas de los predadores terrestres.

Se ha descrito la preferencia de los murciélagos arborícolas por cavidades en árboles muertos (Boonman, 2000; Russo *et al.*, 2004; Ruczynski y Bogdanowicz, 2008). Los árboles decrepitos o muertos, en especial cuando los troncos están en estado avanzado de descomposición y ya en forma de estaca, pueden ofrecer más cavidades de pico (véase la figura 6.4), de pudrición o en grietas bajo corteza que los árboles vivos (Alatalo *et al.*, 1998; Bennet *et al.*, 1994; Campbell *et al.*, 2005), a pesar de que puedan conservar menos el calor, debido a la pérdida de corteza (Maeda, 1974). Otro factor que puede influir en la selección de estacas es una mayor facilidad de encontrarlas, ya que al ser menos abundantes que los árboles vivos, y al estar a menudo emplazadas en claros o concentradas en algunos rodales concretos, pueden ejercer una discriminación positiva en la ardua tarea de buscar cavidades.



Figura 6.4. Cavidades y nidos de pico picapinos en una estaca muerta de haya en el Parque Natural de Els Ports, Cataluña. Foto: Jordi Bas.

6.2.6. Tamaño de la cavidad

Cavidades con extensas cámaras, a pesar de que a menudo sean estrechas (grietas), pueden ser seleccionadas con preferencia respecto a cavidades pequeñas por grupos de hembras lactantes o durante el invierno, por la mayor capacidad de termorregulación en apretados clústeres. Durante el apareamiento, una cavidad ancha puede ofrecer mayores garantías de formar un harén numeroso. La mayor ocupación de cajas-refugio por machos de nóctulo pequeño sexualmente activos a partir de finales de verano, con respecto al resto del año, podría estar influida por la expectativa de formar un harén (Guixé y Camprodon en Alcalde *et al.*, 2018).

Cavidades espaciosas y muy utilizadas son una fuente primaria de intercambio de información útil dentro de la colonia, sobre áreas de campeo y refugios alternativos, a pesar de que su uso frecuente pueda ocasionar mayor probabilidad de contagio de parásitos (Kerth *et al.*, 2001; Fortuna *et al.*, 2009). También se ha apuntado que grandes grupos pueden ofrecer mayor capacidad de termorregulación entre individuos (Willis y Brigham, 2007) y menor riesgo de depredación (Jenkins *et al.*, 1998).

El tamaño del agujero también puede ser un factor de selección. Agujeros pequeños, adecuados para el tamaño de cada especie de murciélago, pueden contribuir al aislamiento térmico en bajas temperaturas, además de reducir el riesgo de predación. Si la entrada de la grieta es muy ancha puede ser rechazada por un exceso de circulación de aire.

6.3. Tipología de cavidades

6.3.1. Cavidades de pico

Los nidos viejos de pico figuran entre los más utilizados por la mayoría de murciélagos arborícolas (Kalcounis y Brigham, 1998; Pierson, 1998; Boonman, 2000). Murciélagos de mediano o gran tamaño, como los nóctulos o el murciélago ratonero forestal, prefieren estas cavidades (figuras 6.2, 6.4 y 6.5). Sus cámaras anchas permiten acoger a varios individuos, normalmente colgados del techo de la cavidad. Esta situación favorece una posición dominante ante la entrada de intrusos y que sus deposiciones queden depositadas en el fondo. El emplazamiento de los nidos en la parte media-alta de los troncos probablemente facilita su localización y la entrada y salida de sus ocupantes (figuras 6.4 y 6.5).



Figura 6.5. Refugio de nictalos medianos (*Nyctalus noctula*). Sangüesa. Navarra. Foto: Juan Tomás Alcalde.



Figura 6.6. Cavidad múltiple con varias entradas y nidos de pico picapinos y pito real en un haya en el Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa, Cataluña. Foto: David Guixé.

A menudo, un mismo árbol dispone de más de un nido de pico, que pueden estar interconectados en los árboles muertos o con el duramen en descomposición. Estas cavidades múltiples pueden resultar una ventaja para los quirópteros, por su mayor capacidad de acoger colonias o de eludir la depredación y los parásitos (figura 6.6).

6.3.2. Cavidades en podredumbre en tronco por caída de rama

Las cavidades más típicas en las frondosas son las originadas por una podredumbre que profundiza en la herida de la caída de una rama, descompuesta y vaciada por dentro. A medida que una frondosa crece en altura y envejece, en especial a partir de cierta edad (orientativamente, más de 80 años), pierde ramas muertas por falta de luz. La madera muerta en la base de la herida que deja la rama muerta caída puede cicatrizar o bien ir descomponiéndose con la entrada de humedad y agua, y así formar una cavidad apta para los murciélagos (figura 6.8).

En la mayoría de los casos estas cavidades se hallan en árboles gruesos y viejos, como robles, plátanos, castaños o hayas, pero pueden encontrarse también en árboles de menor porte, como encinas, robles, arces o acebos acompañantes de especies arbóreas dominantes, en masas puras o mixtas. En estas y otras cavidades, a veces puede comprobarse su ocupación reiterada por quirópteros, si se observa la pátina de orina que mana tronco abajo desde el agujero (figura 6.7).

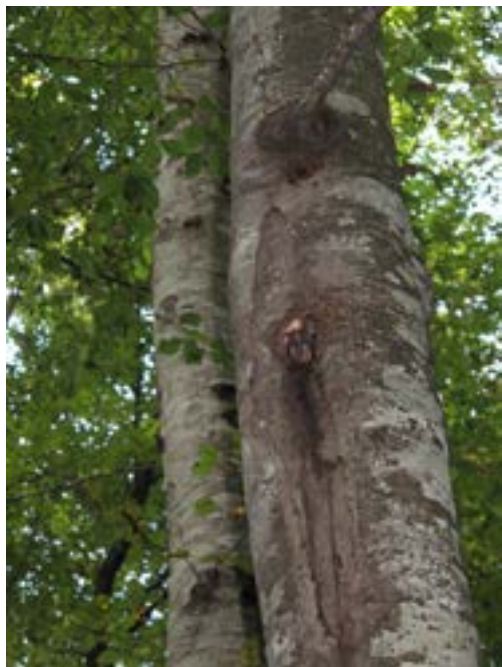


Figura 6.7. Cavidad natural en haya ocupada por murciélagos en el Parque Natural del Montseny, Cataluña. Se observa la pátina de orina, señal inequívoca de que la cavidad es ocupada asiduamente por murciélagos, en este caso por nòctulos pequeños (*Nyctalus leisleri*). Foto: David Guixé.



Figura 6.8. Cavidad apta para nòctulo mediano (*Nyctalus noctula*) en podredumbre por caída de rama en un plátano de la ciudad de Lleida, Cataluña. Foto: David Guixé.4.6.

Las ramas laterales también pueden presentar cavidades aptas para ser ocupadas por murciélagos. En concreto, *Plecotus*, *Pipistrellus* y los *Myotis* menores prefieren cavidades con entradas pequeñas. Por eso pueden ocupar agujeros relativamente estrechos como el que se muestra en la Figura 6.9.



Figura 6.9. Cavidad ocupada por 3-4 ejemplares de *Plecotus* sp., situada en una rama lateral de encina. Vall d’Ora, Cataluña. Foto: David Guixé.

6.3.3. Cavidades en corteza

Barbastella barbastellus se refugia habitualmente bajo las cortezas levantadas de los troncos. En el caso de los pinares suelen localizarse en los árboles secos o decrepitos (debido a rayos y otros accidentes, plagas o enfermedades). La corteza suele desprenderse de arriba abajo y a medida que el proceso avanza es más fácil que se pueda refugiar bajo esta un murciélago (figura 6.10). Por otra parte, las cortezas pueden ser un buen refugio para los otros quirópteros forestales, que las utilizan de forma más efímera o durante un cierto tiempo.



Figura 6.10. Detalle de la corteza del árbol donde se refugiaban hembras lactantes del murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*). La flecha indica el punto de entrada, a 2,5 m de altura de la base del tronco. Parque Natural del Alt Pirineu, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.



Figura 6.11. Cavity en tronco bifurcado en pino silvestre ocupada por una colonia de 13 hembras lactantes de orejudo dorado (*Plecotus auritus*). Parque Natural del Alt Pirineu, Cataluña. Foto: David Guixé.

6.3.4. Cavidades en troncos bifurcados

Algunos pinos forman cavidades naturales, a menudo muy pequeñas, que pasan inadvertidas a primera vista. Es el caso de la cavity de la figura 6.11. Se ha formado en la bifurcación de un tronco de pino silvestre y lo ocupó una colonia de hembras lactantes de orejudos dorados, que a su vez ocupaban otra cavity cercana de las mismas características.

6.4. Competencia por las cavidades

Muchas cavidades también son útiles para otros vertebrados, aparte de los murciélagos arborícolas. Una ventaja para los quirópteros es que la época de cría y apareamiento es posterior a la época de cría de aves y roedores. En todo caso, a diferencia de las aves nidícolas, las madres murciélago no tienen problema para trasladar su única cría de una cavity a otra.

Una misma cavidad en árbol, sobre todo si es buena, puede estar ocupada alternativamente por diferentes especies de vertebrados. Por ejemplo, en cajas-nido para aves y cajas-refugio para murciélagos en Cataluña se ha comprobado cómo en un mismo año, en una caja, puede criar un carbonero en primavera (mayo-junio); luego entran hembras gestantes de lirón gris (julio-septiembre) y seguidamente puede ser ocupada por un harén de nótulos pequeños (*Nyctalus leisleri*) durante el otoño (septiembre-noviembre) e incluso llegar a hibernar en ella (noviembre-febrero).

Si bien entre vertebrados no acostumbra a darse la ocupación simultánea, los invertebrados (babosas, caracoles, miriápodos, arañas, coleópteros, heterópteros, lepidópteros, etc.) son huéspedes habituales de las cavidades en árbol, que conviven con los murciélagos, con la excepción de los himenópteros (avispas, abejas y hormigas).

Capítulo 7

Cajas-refugio

Coordinación: Juan Tomás Alcalde

7.1. ¿Cuándo usar cajas-refugio?

Las cajas-refugio son un método para favorecer el asentamiento de murciélagos arborícolas en zonas con ausencia o escasez de abrigos naturales. Adicionalmente, también pueden utilizarse como método de estudio o de seguimiento de murciélagos arborícolas.

Es preciso indicar que las cajas no suplen todas las necesidades de refugio de los murciélagos arborícolas: diferentes especies requieren distintos tipos de oquedades, que también varían en función del sexo de los ejemplares y de la época del año (véase el capítulo 6), por lo que las cajas nunca pueden reemplazar totalmente a los refugios naturales. Por ello, resulta imprescindible la conservación y promoción de bosques maduros que contengan árboles con diferentes tipos de oquedades como fisuras, desconches de corteza, huecos por podredumbres o nidos de picos.

Las cajas-refugio resultan muy efectivas en áreas de caza de murciélagos que carezcan de refugios naturales, como los arrozales (Flaquer *et al.*, 2006), o en las riberas de ríos con arbolado joven. También pueden ser convenientes en bosques relativamente jóvenes o donde la gestión forestal no ha dejado casi oquedades. En todo caso, deben evitarse rodales donde se efectúen tratamientos con insecticidas, ya que estos compuestos son tóxicos para los murciélagos.

Por otro lado, conviene tener en cuenta los lugares de asentamiento de murciélagos arborícolas migrantes, como los nótulos; determinados bosques son ocupados por estas especies, particularmente en otoño, cuando numerosos nótulos provenientes del centro de Europa acuden a la península ibérica para aparearse e hibernar (Alcalde *et al.*, 2013). En este periodo, los nótulos son territoriales, por lo que cada macho requiere un refugio exclusivo desde donde trata de atraer a las hembras; ello provoca una gran demanda de refugios en zonas relativamente pequeñas, y en estos casos las cajas son muy efectivas.

7.2. Tipología de cajas

Existen diferentes tipos de cajas, que se diferencian básicamente por los materiales que las constituyen y/o por su forma y tamaño. Una caja-refugio para murciélagos debe tener, al menos, las siguientes características:

- Ser rugosa en el interior, lo que permitirá que los murciélagos puedan trepar por sus paredes y colgarse de las uñas de los pies en las zonas superiores.
- Tener un orificio de entrada relativamente estrecho, generalmente entre 1,5 y 2,5 cm de anchura, aunque para las especies de mayor tamaño puede ser de 3-4 cm. La boca pequeña (< 1,8 cm) impedirá la entrada de aves en las cajas.
- El habitáculo no debe tener fisuras aparte de la entrada, ya que los murciélagos requieren refugios sin corrientes de aire ni filtraciones de agua (Stebbins y Walsh, 1991).
- Ser de un material termoaislante. La temperatura del interior no debe ser muy fría ni demasiado cálida, dado que los murciélagos, al tener un cuerpo pequeño, se termorregulan con dificultad y son muy exigentes con la temperatura de sus refugios (Rebelo *et al.*, 2002; Lourenço y Palmeirim, 2004; Bartonička y Řehák, 2007).

7.2.1. Materiales

La mayoría de las cajas-refugio para murciélagos se construyen de madera o de cemento-madera.

Las cajas de madera (figura 7.1) son fáciles de construir en cualquier taller, aunque son más vulnerables a las inclemencias del tiempo y a la acción de los picapinos, por lo que son menos duraderas. También hay modelos comerciales a la venta.

Las cajas de cemento (figura 7.2) tienen gran durabilidad (más de 20 años) y, en general, buena ocupación. Las hay de muy diferentes formas y tamaños. Presentan el inconveniente de que son difíciles de construir manualmente, por lo que normalmente hay que comprarlas. Pintadas de negro pueden ser adecuadas para climas nórdicos, pero demasiado cálidas para hábitats mediterráneos y con una oscilación térmica más variable que las cajas de madera (Flaquer *et al.*, 2014). Las variaciones térmicas pueden verse atenuadas en cajas emplazadas en el interior del bosque.

Existen algunas otras cajas elaboradas con otros materiales como corcho, cáscara de arroz o plástico, pero todavía hay pocos ensayos con estos modelos.



Figura 7.1. Caja plana de una sola cámara, de fácil construcción; es muy utilizada por murciélagos fisurícolas como los murciélagos de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*). Foto: Juan Tomás Alcalde.



Figura 7.2. Caja Schwegler 2FN. Este modelo es utilizado por las tres especies de nóctulos. Foto: Juan Tomás Alcalde.

7.2.2. Forma y tamaño

Existen tres modelos básicos de cajas: las planas, las huecas y las grandes.

Las cajas planas tienen una o dos cámaras internas en forma de grietas; los murciélagos aterrizan en la zona inferior, trepan por las paredes internas y se guarecen en la parte superior (figura 7.1). Son cajas muy apropiadas para murciélagos fisurícolas como los *Pipistrellus*; en ocasiones, también pueden ocuparlas otras especies típicas de oquedades mayores, como los nóctulos. Las hay de madera y de cemento-madera.

Las cajas huecas suelen tener una cámara cilíndrica o cúbica en su interior, y están concebidas para especies típicas de oquedades de troncos, como las que habitan en los nidos abandonados de pícido, por ejemplo, las tres especies de nóctulos, *Myotis bechsteinii* y *Plecotus auritus* (figura 7.2). *Nyctalus lasiopterus*, *N. noctula* y *Myotis bechsteinii* requieren cajas con entrada relativamente grande (3-4 cm). Las demás especies prefieren cajas con entrada más reducida (1,5-2,5 cm).

Existen, además, unas cajas de grandes dimensiones (más de medio metro de longitud y a veces más de 1 m), que constan de varias láminas de madera paralelas dispuestas verticalmente, entre las que se introducen los murciélagos (figura 7.3). Pueden ser utilizadas por colonias numerosas de especies muy gregarias, como *Pipistrellus pygmaeus*. Algunas cajas grandes tienen paredes muy gruesas para aislar del exterior y pueden ser ocupadas por murciélagos arborícolas hibernantes como los nóctulos.



Figura 7.3. Caja grande para colonias. Son utilizadas por especies muy gregarias, como los murciélagos de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*), que pueden formar colonias de varios cientos de individuos. Foto: Juan Tomás Alcalde.

7.3. Colocación

A la hora de colocar cajas-refugio hay que tener en cuenta diferentes cuestiones, como su número, el soporte, la altura, la orientación o la cobertura vegetal. Siempre que las cajas se coloquen en árboles vivos, colgando de un clavo, es conveniente utilizar clavos de aluminio blando, que evitan accidentes en caso de labores de corta o poda, ya que estos se cortan fácilmente. Se debería dejar, además, alrededor de 2-3 cm del clavo fuera del tronco para permitir el engrosamiento de este con el tiempo.

Las cajas de murciélagos se ubican en troncos, donde se apoyan y quedan fijas, al contrario de las de pájaros, que se colocan mayoritariamente colgando de ramas (figura 7.2). Una alternativa al clavo y la escalera es colgarlas con gancho mediante pértiga telescópica (figura 7.4). Este método facilita la inspección por su rapidez, pero requiere cierta habilidad al bajar y subir la caja. Además, solo es apto para cajas ligeras o, en todo caso, no muy pesadas y requiere la localización de ramas adecuadas, no más arriba de 5 m, para que queden adosadas al tronco.

Conviene que cada caja esté georreferenciada y marcada con un código exclusivo. Esto permitirá encontrar todas las cajas fácilmente cuando se vaya a realizar una revisión e individualizar cada una, de forma que se pueda conocer su historial a lo largo del tiempo. Se recomienda utilizar códigos con letras referidos a la zona donde se colocan las cajas y números correlativos que indiquen el número de cajas que se han situado en cada zona. En caso de utilizar diferentes modelos de cajas, se puede añadir alguna letra que indique el modelo empleado. Por ejemplo, Baz-5P haría referencia a la caja número 5, modelo plano, colocada en el valle de Baztán.

Conviene, además, elaborar una base de datos con todas las cajas y los resultados obtenidos en las diferentes revisiones de estas, para poder valorar la efectividad de los refugios y mantenerlos o cambiarlos de lugar en caso de que no sean ocupados.

Nunca se deberán situar cajas de murciélagos cerca de otros refugios que pudieran contener animales predadores, como lechuzas, cárabos u otras rapaces.



Figura 7.4. Caja-nido colgada con gancho de acero mediante una pértiga telescópica con el tramo superior acabado en una horquilla. Foto: Miguel Ángel Fuentes.

7.3.1. Número de cajas

Los murciélagos son animales sociales; se establecen relaciones complejas entre los individuos de una colonia, que varían a lo largo del ciclo anual, para formar lo que se denomina sociedades de fisión-fusión. Algunas especies arborícolas, como los nóctulos, tienen distribuciones contagiosas; es decir, su población se distribuye en pequeños grupos situados en diferentes refugios cercanos (Dondini y Vergari, 2009; Ibáñez *et al.*, 2009). Además, las cajas-refugio no suelen ser fáciles de identificar y colonizar por parte de los murciélagos. Por ello, se recomienda colocar pequeños grupos de cajas (entre 3 y 10, aproximadamente) en espacios relativamente pequeños, a fin de configurar una red de cajas-refugio. Se recomienda que las cajas estén separadas entre sí entre 5 y 25 m y los grupos de cajas se sitúen, por lo menos, a 100 m de distancia unos de otros. La ocupación de una de ellas facilitará la de las demás, debido a las complejas relaciones sociales establecidas entre los murciélagos en diferentes fases de su ciclo vital.

Además, se recomienda que cada grupo de cajas conste de diferentes modelos (al menos, cajas planas y huecas), con el fin de proporcionar distintos tipos de refugio en cada zona, lo cual favorecerá su ocupación por distintas especies de murciélagos y/o en diferentes periodos del año.

7.3.2. Soporite

Las cajas pueden colocarse en paredes, postes o troncos de árboles. Las cajas instaladas en paredes son utilizadas preferentemente por especies antropófilas, como las del género *Pipistrellus*. En este caso conviene tener muy en cuenta la insolación: si las cajas se encuentran en zonas mediterráneas y paredes muy soleadas, pueden sufrir recalentamiento excesivo, lo que provocará el abandono de la caja por los murciélagos. Este fenómeno se ha registrado únicamente en lugares de clima cálido (Flaquer *et al.*, 2014); en otras áreas más frescas, por el contrario, se recomiendan las zonas soleadas.

Las cajas colocadas en troncos suelen ser sombreadas por la propia copa del árbol, por lo que no sufren problemas de recalentamiento. Estas cajas pueden ser ocupadas por especies arborícolas como los nóctulos (*Nyctalus sp.*), aunque también por otras más ubiquestas, como las del género *Pipistrellus*. Es importante tener en cuenta que los murciélagos raramente esquivan ramas para acceder a los refugios, por lo que conviene situar las cajas en zonas sin ramas alrededor, de forma que puedan volar hasta ellas sin tener que sortear la vegetación.

Los postes son muy adecuados para la colocación de cajas, ya que es posible elegir el lugar concreto donde se emplazarán y también su orientación (figuras 7.5 y 7.6). No obstante, se trata de una opción más compleja y costosa, puesto que hay que fijar el poste al sustrato para asegurar su estabilidad. Además, hay que tener en cuenta la insolación, que en zonas mediterráneas puede ser excesiva, por lo que en estos casos puede ser conveniente disponer un panel superior que les proporcione sombra.



Figura 7.5. Murciélagos de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*) en una caja de madera plana, de dos cámaras.
Foto: Juan Tomás Alcalde.



Figura 7.6. Caja Schwegler 1FF situada, en altura, en uno de los pilares de un puente. Foto: Juan Tomás Alcalde.

7.3.3. *Altura*

Al tratarse de animales de pequeño tamaño, los murciélagos pueden ser atacados por numerosos predadores, fundamentalmente mamíferos carnívoros, aves rapaces y córvidos. Para reducir el riesgo de ataques de predadores terrestres, así como las posibilidades de vandalismo sobre las cajas, se recomienda colocarlas a más de 4 m del suelo. Además, hay que tener en cuenta el riesgo que entraña el trabajo en altura, por lo que no se recomienda colocar las cajas por encima de los 7 m.

Se conocen refugios naturales de nóctulos medianos a 2,5 m de altura, y de nóctulos grandes a 6 m de altura, por lo que el intervalo de 4 a 6 m puede ser el más adecuado para la instalación de las cajas (figura 7.7).



Figura 7.7. Caja de madera situada en un poste de teléfono, en un borde entre espacios abiertos.

Foto: Juan Tomás Alcalde.

7.3.4. *Orientación*

La orientación de las cajas podrá determinar, en muchos casos, sus condiciones térmicas: las cajas orientadas al sur o al oeste serán más cálidas que las orientadas al norte o al este. En diferentes hábitats puede ser conveniente una orientación distinta: en zonas frías se recomiendan orientaciones sur y oeste, que son más soleadas (Stebbins y Walsh, 1991; Tuttle y Hensley, 1993;

Poulton, 2006; Alcalde y Martínez, 2016), mientras que en zonas mediterráneas, una orientación este proporcionará calor durante la mañana, que suele ser más fresca, y evitará la insolación durante las horas más cálidas del mediodía y la tarde, que pueden provocar sobrecalentamiento de las cajas (Flaquer *et al.*, 2014).

Cuando las cajas se instalan en zonas arboladas y, por tanto, sombreadas, la orientación es menos relevante (Paz *et al.*, 2000; Alcalde *et al.*, 2013a); en general, es conveniente colocarlas en diferentes orientaciones para ofrecer condiciones térmicas distintas, lo cual puede facilitar la ocupación durante diferentes periodos del año.

7.3.5. Cobertura vegetal

Se desaconseja instalar cajas-refugio en el interior de bosques cerrados, donde la probabilidad de que pasen murciélagos y, además, encuentren la caja es baja, especialmente para murciélagos cazadores de espacios abiertos, como *Nyctalus* sp. y *Pipistrellus* sp. Se pueden colocar las cajas en zonas de borde de bosque, dirigidas hacia áreas despejadas o hacia zonas de paso como pistas forestales, claros, ríos o lagunas, o bien en el interior del bosque cuando este es relativamente abierto, como en pistas forestales o en pequeños claros (figura 7.7). Sin embargo, en hayedos y robledales de Cataluña se han obtenido mayores ocupaciones por *Nyctalus leisleri* en cajas emplazadas en el interior de bosques claros que en el borde de estos o en áreas abiertas con arbolado (Camprodon y Guixé, com. pers.).

Otras especies, como los orejudos o *Myotis bechsteinii*, vuelan por el interior del bosque y para ellos puede ser más conveniente situar cajas dentro del bosque, aunque no en zonas con gran densidad de vegetación.

7.4. Otras consideraciones de interés

7.4.1. Presencia de otros ocupantes

En muchas ocasiones se encuentran ocupantes inesperados en las cajas. La presencia de arañas, hormigas u otros insectos es muy frecuente y, por lo general, no entraña riesgos para las personas ni para los murciélagos. En cambio, las avispas, avispones, abejas y abejorros suponen un riesgo para las personas y también para los murciélagos, por lo que es recomendable retirarlos de las cajas, siempre que se pueda hacer de forma segura (figura 7.8). Para ello se puede esperar al invierno, cuando estos insectos han abandonado el refugio o tienen una actividad muy reducida.

En ocasiones las cajas pueden albergar numerosos parásitos de murciélagos, como determinados ácaros y cimicidos, que provocan el abandono de estas (Wolz, 1986); por este motivo, conviene retirarlos con algún cepillo, cuando se encuentran.

Es también frecuente la presencia de aves o de nidos de ellas en cajas cilíndricas o cúbicas (no en las planas) (figura 7.9). Los nidos de aves pueden taponar la entrada de la caja, por lo que es preciso retirarlos, siempre que no estén siendo habitados (Alcalde *et al.*, 2013a).

Por último, en ocasiones se observan otros vertebrados como lagartijas, lagartos, ratones o lirones. Siempre que sea posible y no se dañe a los animales, convendrá expulsar estos inquilinos del refugio para permitir su ocupación por murciélagos.



Figura 7.8. Caja Schwegler 2FN con un panal de avispas. Foto: Juan Tomás Alcalde.



Figura 7.9. Caja Schwegler 2FN con un nido de párido. Foto: Juan Tomás Alcalde.

7.4.2. Revisión y mantenimiento de las cajas

Las cajas planas no suelen requerir mantenimiento, ya que el guano de los murciélagos cae al suelo y las aves no pueden formar nidos en su interior, aunque en ocasiones se pueden establecer otros insectos, como avispas, que pueden ocupar las cajas con sus construcciones. En estos casos, convendrá limpiar la caja con un cepillo o un alambre cuando los insectos hayan abandonado el refugio.

Las cajas huecas, cúbicas o cilíndricas (figura 7.10), por el contrario, pueden almacenar abundante rastro de nidos, guano de murciélagos y, por supuesto, avisperos. Por ello es necesaria la revisión y limpieza periódica de las cajas. En general, bastará con una revisión cada 2-3 años, aunque ello dependerá del grado de ocupación de la caja por estos inquilinos. En algunos casos se puede precisar una limpieza anual.

Los meses de septiembre y octubre son los más adecuados para llevar a cabo las revisiones de las cajas, ya que se evitan los periodos más vulnerables como el verano (época de reproducción)

o el invierno (época de hibernación). Además, el final del verano y el otoño coincide con la época de apareamiento, en la cual los murciélagos arborícolas ocupan fácilmente las cajas. En estos dos periodos, la apertura de la caja puede suponer una molestia importante que provoque su abandono.

Durante las revisiones convendrá, además, revisar la sujeción de las cajas, ya que el crecimiento en grosor de los troncos puede llegar a envolver el clavo. Si es preciso, se cambiará el clavo por uno nuevo.



Figura 7.10. Nóctulos grandes (*Nyctalus lasiopterus*) y nóctulos pequeños (*Nyctalus leisleri*) en su ubicación habitual dentro de una caja Schwegler 2FN y 2F de doble pared, respectivamente, de la cuales se ha retirado la tapa frontal. Fotos: Juan Tomás Alcalde.

7.4.3. Seguridad

La colocación y revisión de cajas-refugio exige trabajar en altura, por lo que es preciso tomar medidas de seguridad para evitar accidentes.

Algunos modelos se pueden revisar desde el suelo utilizando una linterna potente, lo cual reduce los riesgos; pero, en otros casos, es necesario abrir las cajas para ver su interior. Conviene utilizar casco y asegurarse siempre de que se trabaje a más de 2 m de altura. También es preciso que estos trabajos se desarrollen por equipos de, al menos, dos personas, en los que una de ellas asegure la escalera mientras la otra trabaja sobre ella (figura 7.11).

Para evitar los riesgos que entraña la revisión de una caja que pudiera contener avispas u otros insectos peligrosos, se recomienda observar la caja desde el suelo antes de subir. Si se aprecia alguna avispa o similar entrando o saliendo de la caja, convendrá posponer la revisión al invierno, cuando estos insectos hayan abandonado el refugio o, al menos, se encuentren inactivos. En cualquier caso, es posible que una caja contenga avispas aun cuando no se observen indicios de ellas desde el exterior. Por ello, tras comprobar desde el suelo que no entran o salen avispas de las cajas, se recomienda bajarlas al suelo y abrirlas allí, de forma que se pueda huir del lugar rápidamente si alguien se ve sorprendido por la presencia de estos insectos.



Figura 7.11. Revisión de una caja de murciélago en un chopo. Foto: Juan Tomás Alcalde.

Capítulo 8

Afecciones al hábitat de los murciélagos

Coordinación: Ramón Jato

8.1. El estado de conservación de los hábitats de los murciélagos forestales en España

En España, el proceso de deforestación no es algo reciente; a lo largo de siglos el hombre ha ido ganando terreno al bosque para la generación de terrenos agrícolas y pastos. De este modo, el bosque se hizo muy escaso en las zonas más humanizadas y más aptas para la agricultura. Hoy en día, en la biorregión mediterránea, las grandes zonas llanas están prácticamente desarboladas, salvo por los rodales de quercíneas en los que se ha realizado un aprovechamiento tradicional de leña y carbón y las grandes superficies ocupadas por un hábitat forestal seminatural muy peculiar, las dehesas del sudoeste de la península ibérica. De hecho, en muchas zonas llanas de la biorregión mediterránea prácticamente las únicas zonas forestales que quedan son los maltrechos bosques de ribera.

En las zonas llanas y partes más bajas de los montes de la biorregión atlántica existen extensas plantaciones de producción de pino de Monterrey y eucaliptos, poco aptas para los murciélagos forestales. También son frecuentes rodales forestales, setos y masas más o menos extensas con mezclas de frondosas en las que, en general, se realizó un aprovechamiento intenso para leña (rebrotos de cepa) o bien un proceso de reforestación natural reciente (masas jóvenes); ninguna de estas situaciones es favorable para los murciélagos forestales.

En las zonas de montaña baja, aunque se mantuvieron superficies forestales para su explotación, la deforestación fue igualmente muy intensa, con aterrazamiento de las laderas para la agricultura, la eliminación del bosque para la generación de pastos y la acción de los incendios, naturales o intencionados. En las manchas forestales que quedaron se llevó a cabo un aprovechamiento forestal muy intenso para madera en los pinares de la región mediterránea y en los hayedos (fundamentalmente) de la atlántica; y de leña y carbón, principalmente de especies rebrotadoras como las quercíneas en la región mediterránea y de hayas y abedules en la atlántica. Las excepciones vuelven a ser los pastos arbolados con alcornoque y castaño en los sectores más frescos de las sierras del sudoeste de la Península y los castañares y carballedas adheradas en la región atlántica; en ambas zonas, estos bosques seminaturales albergan ejemplares de gran tamaño que son más aptos para las colonias de murciélagos.

En las zonas de media y alta montaña, debido a su inaccesibilidad y a la menor densidad de población, fue en donde se mantuvieron superficies forestales extensas con bosques en mejor estado de conservación. No obstante, a partir de los años 50-60, la popularización de la motosierra y la aparición de maquinaria pesada para la apertura de accesos y maquinaria forestal para la extracción y procesado de los fustes produjo un incremento muy importante de la explotación forestal, que llegó a casi todos los rincones, incluso a las zonas más remotas.

En las décadas siguientes a la posguerra, las políticas forestales incidieron especialmente en las repoblaciones de grandes superficies, si bien es cierto que la elección de las especies o los criterios ambientales en la actualidad serían bastante diferentes.

No obstante, lo cierto es que hoy en día la situación se está revirtiendo; el abandono del medio rural está propiciando un incremento muy importante de la superficie forestal sobre pastizales y antiguas zonas agrícolas. De hecho, la tasa de reforestación de España es la mayor de Europa y una de las mayores del mundo. Por otro lado, la explotación forestal ha decaído,

fundamentalmente por una disminución del precio de la madera, lo que puede redundar en un incremento de la edad media de los árboles. Y, por último y más importante, las ordenaciones forestales empiezan a tener en cuenta los criterios ambientales.

Si bien el futuro no es oscuro para los quirópteros forestales, actualmente las especies forestales especialistas de bosques maduros, de árboles viejos, de madera muerta, como ocurre con buen número de murciélagos forestales, tienen un hábitat forestal todavía degradado o demasiado joven y en muchas ocasiones poco apto, al menos para las especies que tienen sus refugios en los árboles. Uno de los objetivos de este manual es proporcionar orientaciones y directrices para incrementar la superficie de rodales más maduros y la conservación de árboles viejos, grandes y de madera muerta en pie.

8.2. Épocas sensibles para los murciélagos forestales

Los murciélagos usan el bosque en diferentes épocas. Hay murciélagos que pueden residir todo el año en los bosques, pudiendo tener sus cazaderos dentro o fuera del bosque; otros solo se encuentran en los bosques durante la época de actividad e hibernan en refugios subterráneos; finalmente, un tercer grupo solo usa el bosque como hábitat de caza (véanse los capítulos 2, 4 y 5).

Las afecciones más directas sobre los ejemplares se producen por el apeo de los árboles en los que se encuentran colonias de cría, agrupaciones de invernada o ejemplares aislados, o bien de los árboles en los que se encuentran los refugios alternativos de las colonias. En función de la especie y del tipo de uso que haga del bosque, la época crítica puede variar, aunque, en general, las dos épocas más sensibles son la cría y la invernada.

La época sensible para la cría sería desde la formación de las colonias de cría, en mayo, hasta que los jóvenes abandonan la zona, a finales de agosto. La época sensible para la invernada es la comprendida entre los meses de diciembre y marzo.

En cuanto a la aplicación de insecticidas en las áreas de caza dentro o fuera de los bosques, la época más sensible sería la que abarca los periodos de cría y estival, entre mayo y mediados de septiembre. Estas fechas deben compatibilizarse con los aprovechamientos forestales. Por ejemplo, en Aragón las cortas se realizan habitualmente entre el 15 de agosto y el 15 de abril y en Cataluña los tratamientos aéreos contra la procesionaria se aplican desde finales de septiembre a principios de octubre. En épocas donde se solapen deberían excluirse las zonas de cría de los trabajos silvícolas o, por lo menos, respetar la totalidad de árboles con cavidades utilizadas o potenciales.

8.3. Actuaciones que afectan a la calidad del hábitat forestal de los murciélagos

Es evidente que la mayor afección al hábitat forestal es la eliminación del bosque, tanto por su tala como por los efectos del fuego. La desaparición del hábitat de una especie es una de las principales causas de que disminuyan hasta la rareza sus poblaciones o se extingan localmente. Esto afecta a un gran número de especies, entre las que se encuentran los murciélagos forestales.

El fraccionamiento del hábitat forestal, aunque supone una disminución evidente de la cantidad de hábitat forestal disponible (figura 8.1), incrementa la disponibilidad de hábitats ecotónicos, pudiendo favorecer a las especies que aprovechan preferentemente los bordes de bosque y a las que prefieren paisajes en mosaico (Grindal y Brigham, 1999). No obstante, debe tenerse en cuenta que, a pesar de que los hábitats de borde parecen ser un hábitat de gran importancia para algunos murciélagos, en los hábitats fragmentados aumenta la diversidad y abundancia de especies generalistas y disminuye la de los especialistas forestales (Rocha *et al.*, 2018).

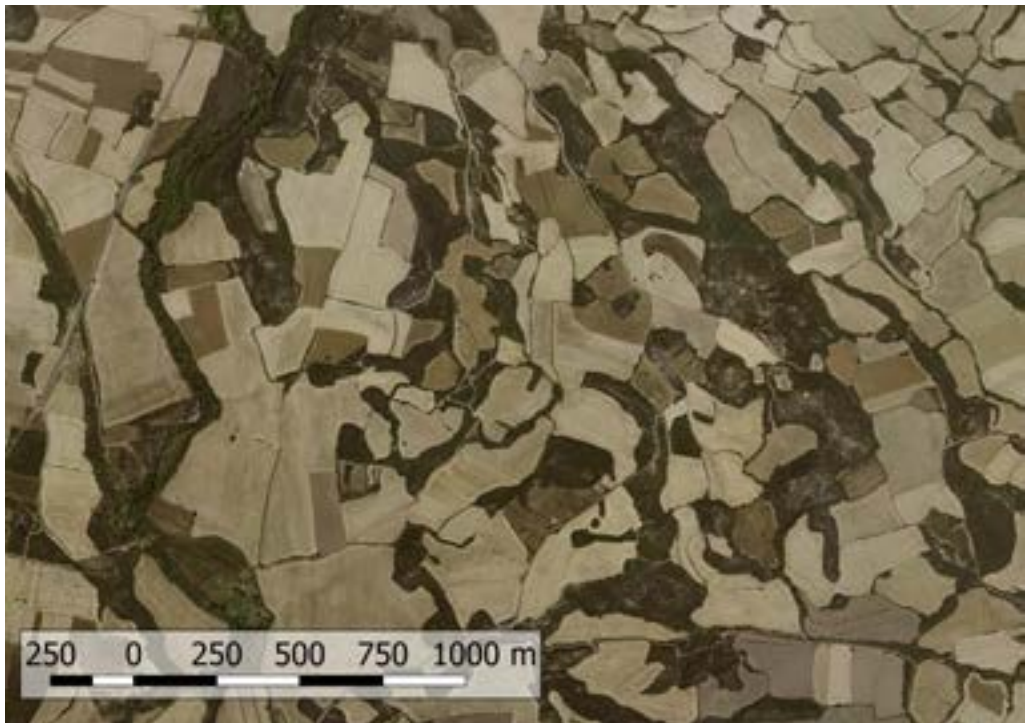


Figura 8.1. Ejemplo de paisaje agrícola con fraccionamiento del bosque relegado a las colinas y vertientes poco o nada aptas para el cultivo. Siétamo, Huesca. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Además de la deforestación y el fraccionamiento del hábitat forestal, las dos intervenciones más importantes que encontramos en los bosques son la explotación de la madera y el aprovechamiento para leña y carbón. En ambos casos el resultado de las actuaciones son bosques

alterados, rejuvenecidos, que, en el caso de los aprovechamientos de leña y carbón sobre especies rebrotadoras, han conformado estructuras de monte medio o bajo (figura 8.2). Ambas situaciones son poco aptas para los murciélagos forestales, al menos en lo referente a la disponibilidad de refugio y de algunos microhábitats de caza. Rocha *et al* (2018) comprobaron en bosques tropicales cómo el aumento de la madurez incrementaba la diversidad y abundancia de los murciélagos especialistas en todos los hábitats forestales considerados, mientras que tenía un efecto inapreciable sobre los generalistas en hábitats fragmentados e incluso un efecto negativo en los bosques secundarios.



Figura 8.2. Carrascal con estructura de monte medio, sin árboles de gran tamaño susceptibles de albergar refugios para murciélagos. Banastás, Huesca. Foto: Ramón Jato.

Para simplificar, se tratarán por separado las afecciones a los dos componentes fundamentales del hábitat forestal para los murciélagos: la disponibilidad de refugio y la disponibilidad de hábitats de caza.

8.3.1. Afecciones a los microhábitats de refugio

La disponibilidad de refugio es una variable que limita de manera drástica la presencia de murciélagos forestales, al menos de los arborícolas, los que usan los refugios situados en los troncos de los árboles. Los murciélagos que se refugian en árboles cambian con frecuencia de refugio, y lo mismo hacen las colonias de cría. Por ejemplo, en el nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) se comprobó, en los Pirineos, que los machos cambian frecuentemente de refugio, usando refugios separados varios kilómetros dentro del mismo valle e incluso probablemente refugios ubicados en diferentes valles; también se comprobó que las colonias de cría se mueven cada pocos días entre refugios separados a gran distancia entre sí (entre 515 y 2.115 metros,

mínimo y máximo encontrados) situados en diferentes subvalles de ambas márgenes del valle (Guixé, Camprodon, Jato y Lorente, datos inéditos).

La gestión forestal, tradicionalmente, se ha enfocado a un único objetivo: la obtención del mayor rendimiento en la extracción de madera. Los turnos de corta se ajustan, en función de la curva de crecimiento de cada especie, al momento de máxima rentabilidad, muy por debajo de la edad de senescencia de la especie. Por lo tanto, la extracción de madera impide que los árboles lleguen a su fase de senescencia, talándolos antes de que alcancen altas tasas de madurez, lo que produce un rejuvenecimiento cíclico de la masa forestal, que retorna periódicamente a las fases iniciales del ciclo silvogenético.

La eliminación sistemática en los aprovechamientos forestales de los árboles no productivos, como los muertos, enfermos o dominados, elimina una fuente potencial de refugio y disminuye la disponibilidad trófica para los pícidos, los mayores proveedores de refugios para algunas especies, muy especialmente en determinados bosques como los de coníferas.

8.3.2. Afecciones a los hábitats de caza

Las diferentes especies de murciélagos utilizan estructuras forestales muy variadas, en función de que sean cazadores de dosel, de borde de bosque (o claro forestal), de suelo, de bosque abierto o de follaje. Unos prefieren suelos despejados; otros, vegetación cerrada; otros, claros y linderos, y los hay que prefieren pasillos entre los árboles donde volar libremente.

En general, si no estamos hablando de una especie en concreto, lo que más favorece de forma general a la comunidad de quirópteros son los bosques heterogéneos con zonas de sotobosque, otras cubiertas por especies herbáceas y otras con el suelo despejado; zonas con mayor apertura de la masa y otras con mayor densidad; existencia de claros y madera muerta; zonas con grandes árboles y zonas con árboles medianos o pequeños.

Las grandes perturbaciones naturales (incendios, aludes...) o artificiales (aprovechamientos forestales) rejuvenecen la masa forestal, lo que la devuelve a las fases iniciales del ciclo silvogenético. El resultado no incide únicamente sobre la edad media de la masa, sino también sobre la estructura de edades. Esto simplifica la heterogeneidad o estratificación vertical, y quedan, en función del tipo de aprovechamiento, entre una y unas pocas clases de edad. Asimismo, se produce una disminución de la heterogeneidad horizontal, que da como resultado masas uniformes a lo largo y ancho de toda la superficie en la que se ha llevado a cabo la actuación.

Se conoce la relación positiva entre la riqueza de especies de murciélagos y la abundancia de madera muerta (Tillon *et al.*, 2016), ya que además de proveer de numerosos refugios y favorecer a la comunidad de pícidos, se relaciona con una mayor abundancia de presas (insectos saproxílicos) y con una mayor irregularidad estructural debida a los huecos que dejan los árboles muertos al caer. Aunque es cierto que este factor no favorece a todas las especies por igual, algunas no se ven afectadas o incluso pueden tener una relación negativa.

La eliminación de ejemplares aislados de frondosas en bosques de coníferas también supone una disminución de la calidad del hábitat de los murciélagos.

El resultado final de un bosque explotado puede ser un conjunto de rodales, de mayor o menor extensión, cada uno en diferente fase del ciclo silvogenético; esto podría parecer una

simulación válida de la heterogeneidad horizontal, lo que no es del todo cierto. Se trata de un conjunto heterogéneo de rodales homogéneos en los que faltan elementos importantes como los árboles viejos, la estratificación vertical, los claros forestales y la madera muerta.

8.3.3. Afecciones a los bosques de ribera

Merecen una mención aparte los bosques de ribera, unos bosques tradicionalmente maltratados y reducidos, en muchas ocasiones, a una mera línea de árboles. Los bosques de ribera eran tradicionalmente roturados para aumentar la superficie agrícola, pero la energía de las riadas lograba mantener una banda más o menos ancha dentro de la cual no resultaba rentable la instalación de campos de cultivo, hasta que la aparición de maquinaria pesada posibilitó la creación de defensas de margen (motas y escolleras) de manera generalizada y muy eficaz a lo largo de un gran número de ríos. Inmediatamente después de la ejecución de las infraestructuras se roturó y cultivó el trasdós de las escolleras.

Los bosques de ribera son bosques mixtos de frondosas muy dinámicos, con especies de crecimiento rápido, muy adaptados a las perturbaciones naturales y que, por lo tanto, también pueden recuperarse fácilmente de algunas perturbaciones antrópicas. Suelen albergar comunidades importantes de pícidos que generan gran número de refugios, generalmente tienen un hábitat heterogéneo producido por las perturbaciones de las avenidas y los insectos son abundantes en ellos, debido a la frondosidad de la vegetación y a la presencia de una lámina permanente de agua, que sirve, además, de bebedero a los murciélagos.

La importancia de estos bosques, aparte de su alta potencialidad para albergar una comunidad rica en especies de quirópteros forestales, radica, por un lado, en que en muchas ocasiones son las únicas formaciones forestales en amplias zonas del territorio. En segundo lugar, su carácter lineal hace que sean un corredor biológico entre diferentes zonas, puesto que los ríos conectan todas las áreas de una misma cuenca fluvial. Este carácter lineal y el hecho de ser las únicas formaciones forestales de cierta entidad en grandes zonas deforestadas conlleva que tengan, también, un papel relevante en las migraciones de los murciélagos.

Es curioso observar cómo la estabilización de los caudales con grandes presas, la disminución de la carga ganadera y el abandono de las cortas de leña ha propiciado que en muchos lugares la densidad del arbolado sea muy superior hoy en día que en los años 50, en los que las riberas, en muchos tramos, estaban casi despobladas de árboles. No obstante, en numerosos tramos muy grandes de río, esta recuperación hoy en día parece imposible, dado que no ha quedado superficie disponible entre el límite del cauce mojado y los campos de cultivo.

En la actualidad, si bien la roturación de bosques fluviales con fines agrícolas se ha frenado, se siguen afectando y degradando los ecosistemas de ribera, fundamentalmente mediante la construcción de defensas de margen que dejan aisladas grandes secciones del soto de la dinámica fluvial, la eliminación de vegetación («limpiezas») para supuestamente minimizar los efectos de las avenidas y la extracción de áridos para la construcción o con intención de incrementar la capacidad de desagüe del cauce (figura 8.3).



Figura 8.3. Destrucción del bosque de ribera y encauzamiento del cauce fluvial (río Aragón, Castiello de Jaca, Huesca) mediante escolleras de piedra y taludes en un río, en contraste con un soto fluvial bien conservado (río Gállego, Zuera, Zaragoza). Fotos: Ramón Jato.

8.4. Otras afecciones sobre los murciélagos forestales

Los murciélagos forestales, y especialmente los únicamente arborícolas, tienen o pueden tener sus áreas de caza fuera de los bosques. En estas zonas no forestales destacan, por su importancia, dos afecciones principales a los quirópteros: los parques eólicos y los pesticidas usados en la agricultura.

El uso de pesticidas es un grave problema en zonas agroforestales; de hecho, es una de las principales causas de la disminución de algunas especies de murciélagos (Hutson *et al.*, 2001). Este uso disminuye la disponibilidad de presas de los quirópteros y es posible que los pesticidas tengan efectos subletales que influyan en la reproducción de los quirópteros (Hutson *et al.*, 2001).

No obstante, la normativa actual disminuye en gran medida las amenazas por pesticidas en los medios forestales, ya que la aplicación de pesticidas de alta toxicidad para los mamíferos (como, por ejemplo, el DDT) se encuentra prohibida en Europa y en muchos otros lugares del mundo. En España también se encuentran prohibidos los tratamientos fitosanitarios aéreos, salvo los expresamente autorizados y en determinadas circunstancias de emergencia y utilidad pública. Esta regulación prácticamente elimina los tratamientos con pesticidas en el medio forestal, ya que la capacidad de actuación con medios terrestres dentro del bosque es muy limitada.

En el año 2015 España consumió el 19,5% del total de los pesticidas consumidos en Europa (Eurostat, 2016), situándose a la cabeza del continente, por delante de Francia (18,7%), Italia (13,8%) y Alemania (12,3%). En términos de pesticidas utilizados por área de cultivo, España ocupa el cuarto lugar, con 3 kilogramos por hectárea, tras Holanda, Bélgica e Italia, descontando el caso singular de Malta, con muy poca superficie de cultivo, que multiplica por cuatro la cantidad de química consumida respecto a España por área cultivada. En función del tipo de pesticida también existen variaciones en el *ranking*, destacando España en el grupo de los insecticidas. Aunque es un hecho que se encuentra relacionado con el peso del sector frutícola, resulta alarmante que en España se vendan 6.695 toneladas de insecticidas, lo que triplica el uso del segundo y el tercer país, que son Francia e Italia, países que también tienen una gran producción frutícola.

En el mundo se han detectado graves afecciones a los murciélagos debido a pesticidas organoclorados prohibidos desde hace décadas en Europa. En España, los pesticidas organofosforados son, actualmente, los más ampliamente usados; teóricamente, estos productos se degradan rápidamente, pero se han descrito efectos negativos en aves y pequeños mamíferos.

Al margen de la potencial afección directa sobre el organismo o sobre el éxito reproductor de los quirópteros, debe tenerse en cuenta el efecto sobre el recurso trófico de los murciélagos, los insectos.

Por otro lado, la energía eólica es una importante fuente de energía renovable de gran valor en la lucha contra el cambio climático; no obstante, no está exenta de problemáticas (figura 8.4). Más allá de los efectos paisajísticos, de la ocupación de terreno y de la destrucción de hábitat, hay que tener en cuenta los efectos sobre aves y murciélagos. Los efectos sobre los murciélagos podrían resumirse en las molestias debidas a la emisión de ultrasonidos, la degradación de hábitats de caza, la pérdida de zonas de caza, la modificación de corredores de vuelo y la muerte por colisión con las aspas o barotraumas (González *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2008).



Figura 8.4. Aerogeneradores en Gurrea de Gállego, Huesca. Foto: Ramón Jato.

Los efectos pueden ser más o menos acusados en función de la especie y de la ubicación de los aerogeneradores. La ubicación en vías de migración o cercanas a los refugios (bosques o áreas de apareamiento en el caso de quirópteros forestales) determina la peligrosidad de la localidad (González *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2008). La estrategia de caza, de vuelo o de migración hace que determinadas especies con tendencia a cazar en el entorno de aerogeneradores, que se ven atraídas por las luces de los rotores, con vuelo más alto o que realizan migraciones sean más propensas a la colisión; así, de entre las especies arborícolas, los nóctulos que son cazadores aéreos son las más propensas a la colisión.

Por su parte, las carreteras suponen un riesgo directo de colisión, además de una pérdida o degradación del hábitat, y pueden actuar como barreras al movimiento entre hábitats o entre refugios usados por la colonia. Las especies de vuelo bajo, como suelen ser las especies forestales más adaptadas para el vuelo maniobrable pero lento, son más susceptibles a las colisiones que las especies de vuelo alto. Los juveniles suelen, también, sufrir más muertes por atropello (figura 8.5).



Figura 8.5. Barbastela (*Barbastella barbastellus*) atropellada en una carretera. Navarra. Foto: Juan Tomás Alcalde.

Capítulo 9

Metodologías de estudio y seguimiento

*Coordinación:
Carlos Ibáñez, Ana Popa-Lisseanu, Juan Tomás Alcalde y Magda Pla*

Los murciélagos son animales pequeños, nocturnos y voladores, lo que los convierte en seres muy discretos, difíciles de observar y que pasan fácilmente desapercibidos. Por estas razones, los estudios que se realizan sobre ellos requieren metodologías bastante especializadas que, en muchos casos, son exclusivas de este grupo. Existe un manual que recoge de forma muy exhaustiva diferentes métodos para abordar una gran variedad de tipos de estudios sobre murciélagos, en general, que merece la pena ser consultado cuando se vaya a iniciar un trabajo sobre murciélagos y siempre que existan dudas metodológicas (Kunz y Parsons, 2009).

En este capítulo ofreceremos información general básica sobre los métodos de estudio más habituales para trabajos relacionados con la conservación, el seguimiento y la monitorización de poblaciones de murciélagos forestales de nuestras latitudes, que es el objetivo de este manual.

Antes de empezar conviene señalar algunas generalidades importantes que hay que tener en cuenta cuando se va a trabajar con murciélagos. Todas las especies de este grupo de mamíferos están legalmente protegidas en Europa, por lo que la captura, la manipulación, el marcaje y la toma de muestras de estos animales están regulados por las administraciones competentes, que expiden los permisos para llevar a cabo trabajos de investigación con estos organismos. Estas autorizaciones también pueden ser necesarias para actividades menos invasivas, como fotografías o el control o revisión de refugios. Asimismo, para realizar estas actividades puede ser necesario contar con la aprobación de los comités de bioética o experimentación animal de las instituciones académicas que amparan los estudios. La manipulación de murciélagos debe realizarse con guantes para evitar mordeduras y la transmisión de agentes infecciosos. Los guantes deben ofrecer protección especialmente a la punción y al corte. Además, toda persona que vaya a manipular murciélagos debe estar vacunada contra la rabia.

9.1. Capturas

La captura y la manipulación de murciélagos suponen una importante fuente de estrés y otros tipos de molestias para estos animales, por lo que deben restringirse a situaciones en que sean estrictamente necesarias.

Es necesaria la captura en algunos trabajos de inventariación de fauna local o regional de murciélagos en los que es preciso confirmar la identificación específica de especies que no se puede abordar por otros métodos (especies crípticas y/o grupos fónicos), conocer el sexo, establecer el estado reproductivo o conocer el estado físico. También se precisa la captura en estudios que requieran marcar los animales con alguno de los diferentes métodos que se tratan más adelante o para tomar diferentes tipos de muestras (parásitos, biopsias, saliva, heces, pelo, sangre, etc.).

Existen diferentes métodos para capturar murciélagos. La selección del método que deba aplicarse estará en función del objetivo del estudio. Por ejemplo, para realizar un inventario de la fauna de murciélagos forestales de una zona se elegirán distintos métodos de captura principalmente generalistas, mientras que si el objetivo se centra en una especie en particular habrá que seleccionar el método de captura y el hábitat más adecuado para esa especie.

Los murciélagos capturados deben permanecer en un lugar tranquilo hasta que sean procesados y liberados en el lugar de captura. Generalmente se guardan en bolsas de tela de forma individual para evitar posibles interacciones agresivas.

9.1.1. Redes

Las redes son uno de los métodos de captura más utilizados para trabajos relacionados con murciélagos forestales.

Las redes deben estar vigiladas de forma continuada para evitar que los murciélagos rompan la red, se enreden demasiado y sea difícil su liberación, así como para evitar riesgos de que sean depredados por algún animal.

Las redes son detectadas con mayor facilidad por las especies de murciélagos de menor talla que usan ecolocación con frecuencias más altas y son capaces de discriminar elementos de menor tamaño. Por esta razón, si se va a capturar especies pequeñas (por ejemplo, murciélagos bigotudos y barbastela entre las especies forestales), es mejor utilizar redes finas (monofilamento). Para las especies de talla mayor (por ejemplo, nóctulos), se pueden utilizar redes normales de nailon o poliéster porque no son bien detectadas y tienen una vida útil mucho más larga ante los mordiscos de los murciélagos.

Las redes son especialmente eficientes en puntos con agua tanto si actúan como bebederos para los murciélagos como si lo hacen como zona de caza (figura 9.1). Las especies de murciélagos que cazan en espacios abiertos utilizan como bebederos puntos de agua con el agua remansada, de cierta superficie y en las que la vegetación no impida el acceso. Por el contrario, las especies que cazan en el interior del bosque tienden a preferir puntos de agua con mayor cobertura vegetal en donde pueden beber y cazar.

La eficiencia de los puntos de agua como lugares para ubicar las redes disminuye conforme aumenta la disponibilidad de este recurso. Así, por ejemplo, en las zonas mediterráneas con escasez de puntos de agua las redes situadas en estos lugares son mucho más exitosas que las de zonas como la cornisa cantábrica.

Algunas especies forestales (representantes de los géneros *Myotis*, *Plecotus* y *Barbastella*) utilizan frecuentemente, como lugares de descanso durante la noche, refugios subterráneos como cuevas o minas, que no necesitan gran desarrollo, o incluso construcciones humanas situadas en las proximidades de bosques y que cuenten con algún acceso a su interior. Este tipo de lugares pueden ser interesantes para capturar estas especies, pero hay que tener la precaución de conocer si en el refugio existe alguna colonia numerosa de murciélagos cavernícolas, que pueden complicar el trabajo con redes.

Algunos refugios subterráneos situados en bosques o en sus proximidades son utilizados por estos grupos de especies como lugares de concentración de decenas de individuos de ambos sexos durante la época de celo (final del verano y principio del otoño) formando enjambres (*swarming*). La captura de murciélagos en estos lugares es relativamente sencilla, aunque hay que ver si se adecua a los objetivos del estudio que deba realizarse.

Las redes colocadas en el interior del bosque, en general, no serán muy exitosas, a no ser que se sitúen en zonas de paso o en lugares en los que se conoce o presume que pueden existir altas concentraciones de refugios (por ejemplo, en áreas con gran densidad de árboles viejos y/o con oquedades).

En ocasiones se conoce la ubicación de refugios en árboles concretos. En estos casos, la captura con redes no ofrece mayores problemas; basta con situarlas en las proximidades del refugio. Asimismo, es importante considerar si es más conveniente capturar los murciélagos al anochecer, a la salida del refugio o a lo largo de la noche, cuando regresan.

En general, las redes se sitúan a ras de suelo, pero puede ser interesante colocarlas a cierta altura, por ejemplo, para efectuar capturas en la zona de las copas de los árboles o en los refugios que se sitúan en la parte alta de los troncos. Para el paso de las cuerdas por horquillas de ramas con las que se subirán y bajarán las redes se pueden utilizar tirachinas y hondillas de las usadas en la trepa de árboles (figura 9.2).

En los últimos años se han comenzado a utilizar dispositivos electrónicos que generan reclamos acústicos de sonidos sociales o de ecolocación para atraer murciélagos hacia las redes y así mejorar la eficacia de las capturas. Este sistema ha demostrado ser útil para la casi totalidad de especies forestales españolas y puede ser especialmente apto en redes colocadas en medio del bosque.



Figura 9.1. Redes en un río para capturar a los murciélagos que acuden a beber. Aisa. Foto: David Guixé.



Figura 9.2. Red en altura para capturar nótulos grandes (*Nyctalus lasiopterus*) frente a una *Washingtonia filifera*. Zoobotánico Jerez. Foto: Stefan Greif.

9.1.2. *Trampas arpa*

La trampa arpa presenta la ventaja sobre las redes de que no necesita vigilancia continuada, aunque debe ser revisada con cierta frecuencia para evitar la predación. La pequeña superficie de las trampas, en comparación con las redes, restringe su uso a lugares concretos. En el caso de los murciélagos forestales, estos sitios pueden ser los refugios nocturnos en cavidades subterráneas (descansaderos o lugares de *swarming*) o los puntos de paso obligado en el interior del bosque o en pequeños arroyos (figura 9.3).

Existen trampas arpa, con forma curva, especialmente diseñadas para su colocación frente a refugios diurnos en árboles, lo que permite capturar a los murciélagos al salir del refugio o entrar en este.



Figura 9.3. Trampa arpa en un sendero forestal. Foto: David Guixé.

9.1.3. *Otros métodos de captura*

Los refugios de los murciélagos forestales son de difícil acceso, con la excepción de algunas cajas-refugio que son accesibles desde el exterior. En estos casos, la captura de los murciélagos puede realizarse directamente, a mano, y de día (figura 9.4).

Otro método que tiene éxito en ambientes mediterráneos consiste en la colocación de hilos de nailon de pescar tensos en puntos de agua a unos 5 o 10 cm por encima de la superficie del agua cruzando de orilla a orilla, con una distancia entre sí, aproximadamente, de un metro.



Figura 9.4. Captura de nóctulos grandes (*Nyctalus lasiopterus*) en una caja-refugio IFQ de Schwegler. Parque Nacional de Doñana. Foto: David Pastor.

9.2. Marcaje

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de tipos de marcajes. Por una parte, están los permanentes, que permiten la identificación individual durante toda o gran parte de la vida del murciélago, y por otra, los temporales, que tienen una duración de tiempo limitada. Los permanentes se utilizan para una gran variedad de estudios ecológicos en los que es necesario

este requisito, especialmente los relacionados con dinámica poblacional y movimientos de todo tipo, incluidas las migraciones de largo recorrido. Algunos marcajes temporales pueden permitir el reconocimiento individual, como ocurre con el uso de radioemisores, mientras que otros solo permiten saber que el animal ha sido previamente capturado y muestreado (cortes de pelo, pintura, biopsias, etc.).

9.2.1. Anillas

Es el método de marcaje individual permanente más utilizado. Los primeros murciélagos se anillaron con anillas de aluminio de aves puestas en el antebrazo. Con el tiempo se observó que estas anillas causaban heridas en el propio antebrazo y en la membrana alar, lo que provocó mortandades elevadas que desembocaron en la prohibición del anillamiento de murciélagos en muchos países. Posteriormente se desarrollaron otros modelos que han reducido, en buena medida, estos inconvenientes. Debido a estos antecedentes, el anillamiento como método de marcaje en murciélagos debe restringirse a estudios concretos en los que sea necesario el reconocimiento individual y a especies que se sabe son capaces de tolerar las anillas.

En los murciélagos, las anillas se ponen sobre el antebrazo (figura 9.5). Las anillas son de aleaciones especiales y tienen forma de omega por las solapas que llevan en los extremos, cuya finalidad es minimizar los posibles daños en la membrana alar.

En España, las tareas de coordinación en todo lo relacionado con el anillamiento de murciélagos las lleva a cabo la Comisión de Anillamiento de la SECEMU (anillamiento@secemu.org), incluyendo normativa, permisos, solicitudes, etc.



Figura 9.5. Anillamiento de un nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). La Garrotxa, Cataluña.
Foto: Jordi Camprodon.

9.2.2. Transponders

Los *transponders* (transpondedores), microchips o PIT (*passive integrated transponders*) son unos dispositivos electromagnéticos de vida ilimitada, embudidos en una cápsula de vidrio, que llevan un código alfanumérico único que puede ser leído por un lector. Los *transponders* se implantan en la espalda del animal por vía subcutánea mediante una jeringa inyectora. Para implantarlos hay que desinfectar la zona de punción, dar un pellizco a la piel para facilitar la punción e inyectar el *transponder* (figura 9.6). Para finalizar es conveniente sellar la punción con una cola de uso veterinario para evitar la pérdida del dispositivo, posibles infecciones y/o puestas de huevos de dípteros. Los utilizados en murciélagos tienen una longitud entre 7 y 12 mm. Los más grandes se han utilizado con éxito en especies de talla igual o superior a *Myotis bechsteinii*. No han sido descritos efectos nocivos relevantes para los murciélagos.

Este sistema de marcaje tiene una importante ventaja sobre las anillas, ya que los *transponders* pueden ser leídos a cierta distancia (en general, no superior a los 10 cm) sin necesidad de capturar al animal. Esto permite, por ejemplo, identificar a los animales que hay dentro de una caja-refugio sin molestar a los murciélagos utilizando un lector de mano, aunque esto se complica si hay muchos individuos marcados (figura 9.7). Utilizando métodos más sofisticados se pueden registrar de forma automática los pasos de los murciélagos por la entrada del refugio siempre que se haya instalado en la boca del refugio una antena conectada a un lector automático de *transponders*. Esta última posibilidad requiere una fuente de energía, que puede ser una simple batería si la monitorización va a ser de corta duración, o con placas solares o conexión a la red si la monitorización va a ser por un plazo largo (figura 9.8). Los lectores automáticos almacenan los registros de paso de los murciélagos a través de la antena incluyendo la hora y el día. Para recuperar la información hay que descargar periódicamente la memoria de los lectores.

La utilización de estos sistemas de monitorización automática y escasamente invasiva es de especial aplicación a murciélagos forestales, ya que utilizan refugios con entradas pequeñas que son, en general, apropiadas para colocarles antenas.

El uso de *transponders* tiene como inconveniente importante que solo se pueden detectar en los murciélagos si se dispone de un aparato lector, lo cual reduce mucho la posibilidad de recuperación por parte de personas ajenas al propio equipo investigador. Incluso la detección y lectura solo es posible si el lector que se utiliza es compatible con el modelo de *transponder* utilizado. Este inconveniente se puede solucionar utilizando el doble marcaje con anillas y *transponders* (figuras 9.5 y 9.6).



Figura 9.6. Chipado de un nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). La Garrotxa, Cataluña. Foto: Miguel Angel Fuentes.



Figura 9.7. Leyendo *transponders* con lector de mano en pértiga de una caja Schwegler 1FQ. Parque Nacional de Doñana. Foto: Carlos Ibáñez.



Figura 9.8. Lector automático de *transponders* con placa solar en un refugio de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Parque Natural de los Alcornocales, Cádiz. Foto: David Pastor.

9.2.3. Radioemisores

El uso de radioemisores permite localizar espacialmente a los murciélagos marcados. Esto puede llevarse a cabo bien durante el periodo de descanso diurno, y así identificar los refugios que utiliza el murciélago, bien durante el periodo de actividad nocturna, para así conocer las áreas de campeo, su capacidad de desplazamiento y otros aspectos de su ecología. Ambas aproximaciones se pueden aplicar sin mayores problemas a los murciélagos forestales y los resultados son de aplicación inmediata para las tareas de gestión relacionadas con la conservación de este grupo de animales.

El uso de radioemisores en murciélagos tiene algunas particularidades y limitaciones importantes. Al ser animales voladores, solo admiten radioemisores cuyo tamaño no sobrepase el 5% de su masa corporal (Brigham, 1988); de este modo no se interfiere en su capacidad de vuelo normal. La morfología corporal y de las alas impide el uso de arneses para sujetar el radioemisor al cuerpo del animal. La forma más habitual de sujeción es el pegado sobre la piel en la espalda mediante un adhesivo de uso quirúrgico. Es importante cortar el pelo en la zona donde se va a fijar el radioemisor para asegurar que se pega a la piel, ya que si se adhiere solo al pelo puede desprenderse en poco tiempo. La vida del emisor, en general, es muy limitada, ya que la batería, que es el elemento más pesado, no puede ser muy grande y, por otra parte, el sistema de sujeción mediante pegado es también de duración limitada. En general, es muy difícil que un

radioemisor permanezca pegado más de 10 días, cantidad de tiempo que suele coincidir con la vida media de las baterías. Las especies de mayor tamaño pueden soportar radioemisores más pesados que usan baterías de vida más larga. En estos casos, los radioemisores pueden sujetarse con collares que permiten aprovechar la mayor duración de la vida de la batería. Los collares deben utilizarse con ciertas precauciones para asegurar que, en un tiempo prudencial, caigan del animal sin necesidad de que sea recapturado. Popa-Lisseanu *et al.* (2008) utilizan para *Nyctalus lasiopterus* radioemisores con collar de unos 1,85 g, con una vida de batería de unos dos meses. El collar, de cinta de teflón, se cierra con una pequeña gota de cola instantánea de cianocrilato sobre sus extremos, procurando que la zona de superposición de ambos extremos sea mínima para asegurar su caída. O'Mara *et al.* (2014) desarrollan un collar degradable que asegura su caída en un tiempo prudencial (figura 9.9).

Castle *et al.* (2015) sujetan pequeños dispositivos para el seguimiento de murciélagos de tamaño similares a los radioemisores mediante puntos de sutura quirúrgicos en la piel de la espalda del murciélago, que aseguran la caída del dispositivo cuando el hilo de sutura es reabsorbido.



Figura 9.9. Nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) marcado con un transmisor de collar. Foto: Carlos Ibáñez.

9.3. Métodos de estudio en refugios de murciélagos forestales

Los murciélagos son animales gregarios que pasan el día descansando en el interior de los refugios. Los conocimientos sobre estos lugares son muy importantes por sí mismos, ya que constituyen elementos fundamentales para la supervivencia de los murciélagos. En el caso de los murciélagos forestales, la localización de los refugios ofrece, además, la oportunidad de abordar otros estudios, como conocer la red de refugios utilizados por un individuo y/o colonia y el uso que hacen de ellos. También abre la posibilidad de realizar censos de los grupos que los ocupan, lo cual es importante para los estudios relacionados con el seguimiento de las poblaciones, aunque presenta el problema del frecuente cambio de refugio que exhiben estas especies de murciélagos. Por supuesto, los refugios localizados pueden ser utilizados posteriormente como lugar de captura tanto a la entrada como a la salida de los murciélagos en caso de que sea necesaria esta actividad. Los refugios que usan los murciélagos forestales suelen ser de acceso complicado, por lo que los estudios requieren algunos métodos particulares.

9.3.1. Localización de refugios

La localización de refugios es fundamental para poder caracterizarlos teniendo en cuenta las diferentes especies y los distintos tipos de medios forestales. Esta información es fundamental para poder establecer directrices en la gestión forestal dirigidas a su protección. También es un requisito imprescindible para poder realizar otro tipo de tareas como son las relacionadas con estimas de tamaños de poblaciones.

La localización de refugios de murciélagos forestales se lleva a cabo, fundamentalmente, con la ayuda del radioseguimiento. A animales capturados con redes o trampas arpa se les marca con un radioemisor. La localización del animal durante el día permite ubicar el árbol en el que se encuentra el refugio. Para confirmar que una oquedad de ese árbol es la que alberga el murciélago es necesario observar la emergencia del animal al atardecer, localizar los sonidos sociales o ver el interior de la oquedad con alguno de los dispositivos mencionados más adelante. Otro método consiste en la búsqueda de las señales acústicas (sociales y de ecolocación) emitidas durante la emergencia o al regreso al refugio, al amanecer.

9.3.2. Observaciones del interior del refugio

El acceso al interior de los huecos en árboles que pueden ser utilizados como refugios por los murciélagos es difícil. Para poder realizar observaciones del interior del refugio se han utilizado espejos de dentista y, más recientemente, cámaras de vídeo de pequeño tamaño que pueden introducirse dentro del refugio. No hay en el mercado cámaras endoscópicas especialmente recomendables. Hasta ahora, las que mejores resultados han dado son las fabricadas personalmente; por ejemplo, Myczko *et al.* (2017) fabrican una con una webcam adosada a una pértiga. El uso de estas cámaras permite realizar una primera evaluación del número de individuos que usan el refugio, así como conocer algunas características del refugio (figura 9.10). En el caso

de cajas-refugio, el uso de estas cámaras permite el control disminuyendo las molestias, sobre todo durante la época de cría. También pueden utilizarse para localizar refugios que son usados por murciélagos forestales mediante la revisión de huecos localizados en árboles, aunque el rendimiento puede ser bajo en relación con el esfuerzo (Myczko *et al.*, 2017). Existen, también, modelos comerciales de cámaras endoscópicas que pueden utilizarse sin pértiga subiendo a la altura de la cavidad con escalera y/o equipos de trepa en árbol (figura 9.10).



Figura 9.10. Inspeccionando colonias de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) en nido de pícido en roble, Almoraima, Andalucía (izquierda), y en haya en la Garrotxa, Cataluña. Fotos: Juan Quetglas y Jordi Camprodon.

9.3.3. Observaciones desde el exterior del refugio

Desde el exterior del refugio se pueden realizar censos del grupo bien por conteo directo de los murciélagos o bien utilizando cámaras de vídeo con iluminación infrarroja a la salida al atardecer. Este último método ofrece más fiabilidad, puesto que asegura que se tienen en cuenta los animales que inician su actividad con oscuridad total y se puede guardar la grabación como testimonio que permite la revisión posterior si fuera necesaria.

Para conocer a medio o largo plazo si un refugio es utilizado por murciélagos u otros animales se pueden colocar cámaras de fototrampeo dirigidas hacia la entrada del refugio.

9.3.4. Cajas-refugio

Las cajas-refugio para murciélagos normalmente se emplean en actuaciones dirigidas a la conservación de los murciélagos forestales, para aumentar la disponibilidad de refugios. De forma secundaria, las cajas-refugio pueden utilizarse para diferentes tipos de trabajos sobre murciélagos forestales. Un ejemplo muy claro son los numerosos estudios realizados sobre *Myotis bechsteinii* por Gerald Kerth (por ejemplo, Kerth y Konig, 1999; Reckardt y Kerth, 2007; Zeus *et al.*, 2017). Las cajas pueden equiparse con diferentes dispositivos (lectores de *transponders*, cámaras de vídeo, etc.) que permitan controles precisos sobre el uso del refugio, así como diferentes aproximaciones a estudios de comportamiento (figura 9.11). Por último, aunque no menos importante, las cajas pueden servir para facilitar las tareas de seguimiento y monitorización de poblaciones de murciélagos forestales, especialmente en lugares en donde falten refugios naturales.

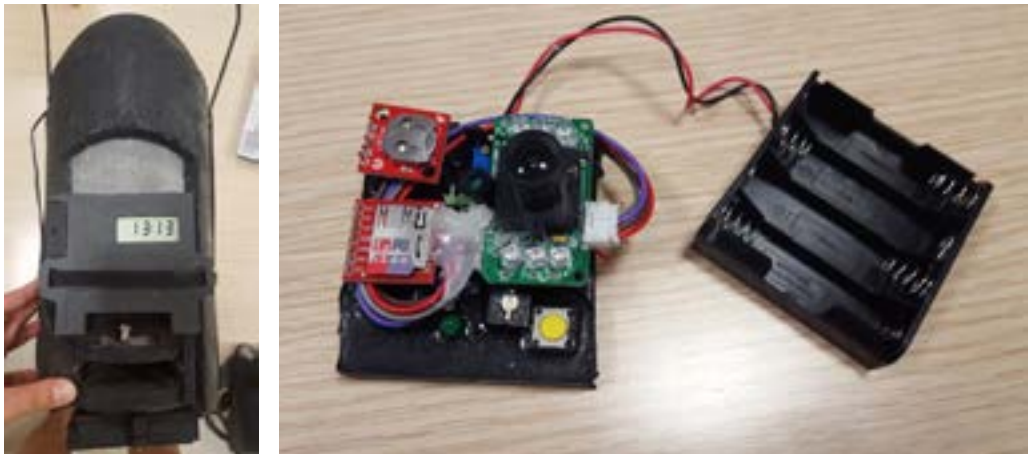


Figura 9.11. Monitorización automática en caja-refugio Schwegler 2FN con un *data logger* (izquierda) y una microcámara (derecha). Foto: Elena Roca.

9.4. Detectores de ultrasonidos

Los detectores de ultrasonidos permiten conocer si hay actividad de murciélagos en las proximidades e identificar la especie en un buen número de ocasiones. El uso de detectores puede aplicarse a diferentes tipos de estudios, desde inventarios de fauna a estudios de actividad, selección de hábitat, seguimiento de poblaciones o simplemente al conocimiento de la calidad de un lugar donde poner redes para realizar capturas.

En estos momentos hay dos grupos de detectores de ultrasonidos. Por una parte, los que podemos llamar detectores de mano, que se utilizan para identificar sobre la marcha las especies

que se van escuchando a lo largo de la noche. Estos detectores tienen capacidad de almacenar en formato digital las señales de ecolocación registradas, que pueden analizarse en laboratorio posteriormente. En la actualidad, la mayor parte de los detectores tienen capacidad de llevar a cabo un análisis espectrográfico que permite visualizar el sonograma de las secuencias registradas, lo cual puede facilitar la identificación de la especie emisora de la señal en el campo. La tendencia más reciente es utilizar el móvil o la tableta como soporte al que se le incorpora un micrófono capaz de recibir y procesar señales de alta frecuencia y un programa o aplicación que convierte el conjunto en un detector de ultrasonidos. Estos detectores se utilizan principalmente para inventarios, aunque pueden utilizarse para otros tipos de estudios.

El otro grupo es de los detectores-registradores, dispositivos diseñados para su uso como estaciones de escucha autónomas. Se pueden dejar en el campo durante periodos de tiempo de más de una semana. Se programan los periodos de tiempo en los que se desea que el dispositivo esté en funcionamiento y se pueden establecer filtros de frecuencias mínimas a partir de las que se activa el registro en tarjetas de memoria. Estos detectores-registradores consiguen grandes cantidades de información con esfuerzo relativamente reducido. El procesamiento de toda esta información precisa del uso de diferentes programas que primero limpian el «ruido» (señales que no son de murciélagos) y luego identifican las señales con la mayor precisión posible. Estos detectores se utilizan para diferentes tipos de estudios (actividad, uso del espacio, etc.) y son recomendables para los trabajos de monitorización de poblaciones. Para ello es necesario diseñar un protocolo de toma de datos que debe mantenerse a lo largo de los años que dure el estudio.

Los avances en las tecnologías digitales están propiciando, en los últimos años, una evolución rápida y de gran magnitud en los detectores de ultrasonidos y programas de identificación automática (figura 9.12).

Existen algunas limitaciones que hay que tener en cuenta cuando se van a utilizar detectores de ultrasonidos en estudios sobre murciélagos. Las señales de ecolocación que emiten los murciélagos pueden presentar importantes variaciones intraespecíficas, debido a la flexibilidad individual que permite cambiar la estructura de la señal para optimizar los resultados en función del hábitat, las condiciones meteorológicas o el tipo concreto de actividad. Esto conlleva que el reconocimiento en cuanto a especie a través de las señales de ecolocación sea frecuentemente problemático (Russo *et al.*, 2017), sobre todo en algunos grupos, muchos de los cuales son especies forestales (géneros *Myotis* y *Plecotus*). En estos casos, no se puede trabajar a escala específica y debe hacerse a escala de grupos fónicos, que engloban varias especies. También es importante tener en cuenta que las diferencias interespecíficas respecto a la intensidad de las señales y en su capacidad de atenuación atmosférica hacen que los resultados obtenidos sobre abundancia relativa no permitan establecer comparaciones entre distintas especies. De acuerdo con ello, para una misma densidad, los *Plecotus* que se registran con detector a escasos metros tienen muchas menos posibilidades de escucharse que *Nyctalus lasiopterus*, que se oye a casi un centenar de metros. Sin embargo, *Nyctalus lasiopterus* vuela frecuentemente a varios cientos de metros por encima del nivel del suelo, lejos del alcance de los detectores, con lo que incluso en lugares que puede ser una especie abundante puede pasar bastante desapercibido.

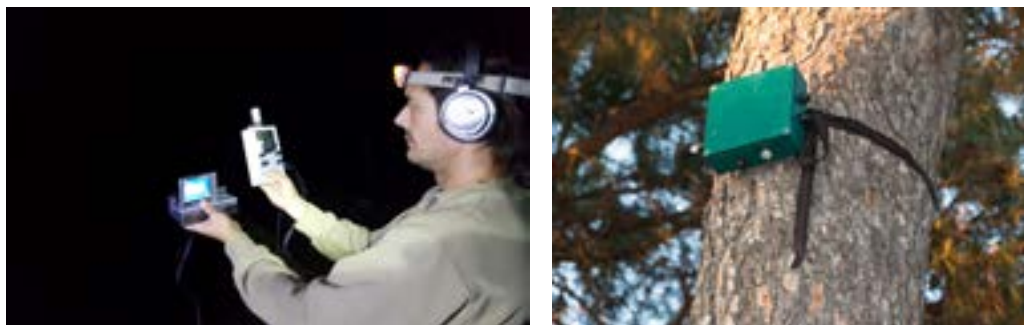


Figura 9.12. Grabadoras de ultrasonidos. Arriba, manual; abajo, automática (SM2). Fotos: Jordi Camprodon, David Guixé y Óscar de Paz.

9.5. Modelización

Los modelos de distribución de especies han mostrado ser herramientas muy valiosas para solucionar problemas de conservación (Villero *et al.*, 2016). A su vez, los modelos de distribución de especies permiten describir la idoneidad de los hábitats del ámbito de estudio para algunas especies de murciélagos.

Los procesos de modelización establecen relaciones estadísticas entre la información biológica disponible georreferenciada sobre la especie y la información ambiental de las zonas donde se encuentra dicha información biológica (por ejemplo, uso del suelo, altura sobre el nivel del mar, características climáticas, etc.) (véase la tabla 9.1). El resultado es un mapa de idoneidad que muestra las zonas del territorio con más probabilidad de presentar hábitats óptimos para las especies analizadas. Los mapas de idoneidad finales suponen una herramienta de apoyo muy interesante para los investigadores y los gestores del territorio. Por un lado, pueden ayudar a identificar las zonas donde focalizar los esfuerzos de búsqueda de especies poco abundantes. Por otro lado, también permiten identificar y seleccionar zonas de especial interés para la conservación.

No obstante, el uso final y la fiabilidad de los modelos de distribución es totalmente dependiente de la disponibilidad y homogeneidad de los datos biológicos de las especies por modelizar, así como de la disponibilidad de información geográfica digital representativa de los hábitats descriptivos de las especies para todo el territorio. Los modelos de distribución a gran escala permiten identificar las zonas a grandes trechos y de manera orientativa, mientras que los modelos a escalas más detalladas resultan muy efectivos para la selección de áreas óptimas a escala de rodal forestal o de paisaje agrario, por ejemplo.

9.5.1. Metodología

Se utiliza ampliamente el programa Maxent (Phillips *et al.*, 2006), que permite obtener modelos que se ajustan muy bien a los datos faunísticos sin la necesidad de disponer de datos de presencias y ausencias, ya que genera internamente unas pseudoausencias en las zonas del ámbito de estudio sin datos faunísticos.

Se recomienda que las variables para un estudio regional sean a una resolución espacial de unos 200 m, resolución de compromiso en función de la resolución original promedio de las variables y del resultado que se desea obtener. A partir del conocimiento experto de la especie, las variables más utilizadas se describen en la (tabla 9.1). Se muestran, también, algunas variables forestales relacionadas con la madurez forestal que pueden ser de interés para realizar modelos de murciélagos forestales. Primeramente, cabe consultar las bases de datos provinciales del IFN para obtener la información de interés:

- Proporción (0-1) respecto al área basimétrica total de árboles vivos de más de 35 cm de diámetro normal (medidos a una altura de 1,30 m). En adelante la llamaremos proporción de árboles maduros vivos.
- Proporción (0-1) respecto al área basimétrica total de árboles muertos de más de 35 cm de diámetro normal (medidos a una altura de 1,30 m). En adelante la llamaremos proporción de árboles maduros muertos.
- Área basimétrica total.

La información tabular extraída del Inventario Forestal Nacional (IFN) se debe georreferenciar a partir de la información de origen de cada parcela y rasterizar con una resolución de 1 km de acuerdo con la malla de parcelas del IFN, atribuyendo a cada parcela el valor consultado a la base de datos. Según el número de citas de la especie por modelizar, se puede calcular el valor máximo de proporción de árboles maduros en una ventana de 5 km de ancho siguiendo un criterio experto. Se aplica luego un filtro de promedio de árboles maduros en un radio de 5 km. Las zonas extensas de bosques maduros obtienen valores elevados; en cambio, las zonas de bosques maduros más aislados tienen menos importancia.

Tabla 9.1. Variables ambientales utilizadas en el proceso de modelización.

Tipo	Variable	Unidades	Resolución original	Fuente
<i>Topográficas</i>	Altitud	m	25 m	IGN
	Pendiente	%	100 m	Elaboración propia a partir de las altitudes; remuestreado a 100 m
<i>Climáticas</i>	Temperatura media anual	Décimas de °C	200 m	Atlas Climático Digital de la Península Ibérica
	Temperatura mínima del mes más frío	Décimas de °C		
	Temperatura máxima del mes más cálido	Décimas de °C		
<i>Forestales</i>	Proporción respecto al área basal de árboles vivos con diámetro superior a 35 cm	Proporción (0-1)	100 m (parcelas del IFN)	Inventario Forestal Nacional
	Proporción respecto al área basal de árboles muertos con diámetro superior a 35 cm	Proporción (0-1)	100 m (parcelas del IFN)	Inventario Forestal Nacional
	Área basal total	m ² /ha	100 m (parcelas del IFN)	Inventario Forestal Nacional
	Formación arbolada	Proporción (0-1)	Mapa vectorial 1:50.000	Mapa Forestal de España

9.5.2. Calidad e interpretación ecológica del modelo

En el proceso de modelización se lleva a cabo una validación cruzada de los datos, en que se realizan réplicas del proceso dejando cada vez una cita fuera del ajuste del modelo y se destina a la validación de este. El resultado final es un promedio de todas las interacciones. Cuando el número de datos biológicos es superior, es aconsejable reservar un porcentaje de datos (por ejemplo, 25% o 30%), escogidos al azar, para la validación.

El estadístico de evaluación utilizado es el área por debajo de la curva ROC (AUC en inglés). Este estadístico varía entre 0,5 (el modelo no es capaz de diferenciar las zonas con presencia de la especie mejor que en un proceso aleatorio) y 1 (que indicaría un modelo con una capacidad de discriminación perfecta). El resultado final es un mapa de idoneidad o calidad del hábitat de la especie (figura 9.13). Tiene un rango de valores de 0 a 1, representando, de menor a mayor, la calidad del hábitat. Así pues, las zonas con valores cercanos a 1 indican que tienen un hábitat favorable a la presencia de la especie, mientras que los valores por debajo de 0,5 indican menor calidad, y a medida que los valores se acercan a 0 es poco probable que la especie seleccione dichas zonas por serle poco favorables.

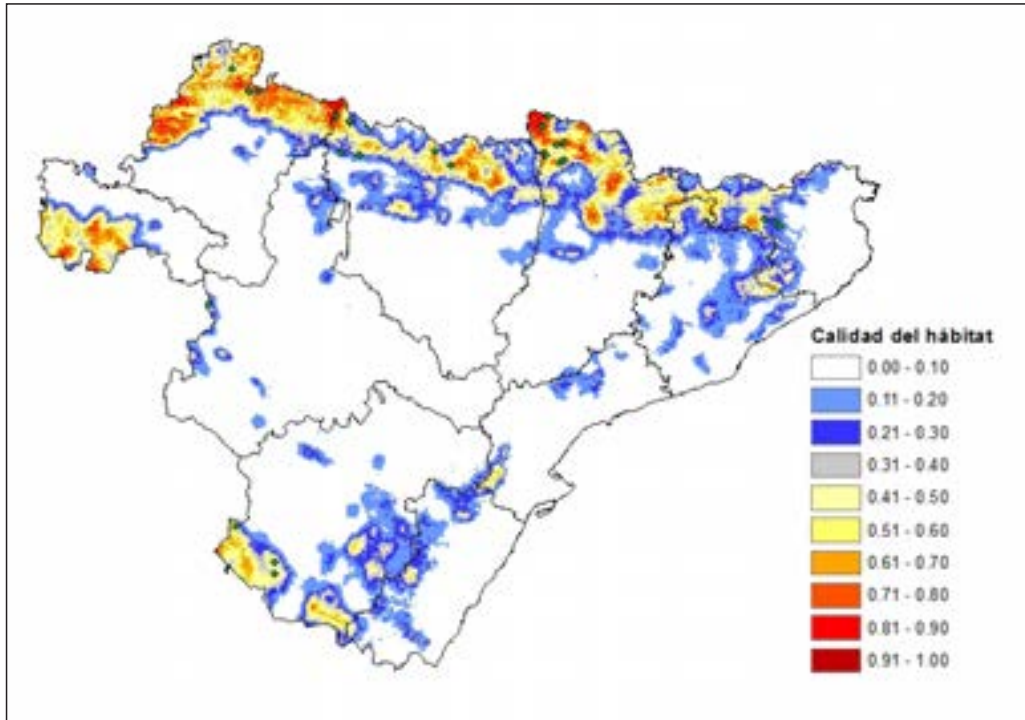


Figura 9.13. Mapa de calidad del hábitat del noctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) con valores de 0 a 1 (de menor a mayor calidad, respectivamente) realizado con programa Maxent, a partir de las citas (puntos verdes) y las variables ambientales descritas anteriormente. Fuente: Magda Pla. CTFC, 2017.

9.5.3. Limitaciones y perspectivas del modelo

Cabe destacar algunas limitaciones interesantes a la hora de interpretar el modelo de forma adecuada. Por un lado, debido al limitado número de citas, es muy posible que el modelo resultante esté sesgado hacia los hábitats donde están dichas citas, subestimando otras zonas potencialmente buenas, pero para las que no se ha detectado ningún individuo de manera fiable hasta el momento.

Asimismo, la disponibilidad limitada de datos biológicos permite interpretar el modelo final como un mapa de zonas potencialmente buenas para la especie, con el objetivo de detectar zonas donde puede encontrarse la especie y merecen un muestreo en campo. No obstante, para la correcta interpretación del mapa es imprescindible el conocimiento experto de la ecología de la especie y de los hábitats que ocupa.

Cabe centrar los modelos a escala biorregional y áreas pequeñas. Trabajar sobre zonas de ambientes y climatologías parecidas, comparables, para mejorar así los modelos. Por ejemplo, para cada piso climático.

Por otro lado, las variables forestales calculadas a partir del IFN son de gran utilidad. No obstante, para algunas zonas se dispone de cartografía continua relacionada con la madurez forestal realizada a partir de datos Lidar y datos del IFN. La posibilidad de obtener estos datos de manera homogénea para todo el ámbito de estudio supondría una mejora en el resultado y la interpretación final de los modelos.

Capítulo 10
Propuesta de plan de
seguimiento de murciélagos
forestales amenazados en
España

Coordinación: David Guixé y Juan Tomás Alcalde

10.1. Introducción al seguimiento y la monitorización

10.1.1. La necesidad de las acciones de seguimiento y monitorización

Los murciélagos son un grupo muy diverso, presente en muchos ambientes, y que resulta muy afectado por los cambios producidos en el paisaje a causa de la actividad humana. Por este motivo, muchas especies se hallan sometidas a diferentes grados de amenaza y, en consecuencia, están protegidas por la legislación. La implementación de medidas de conservación debe ir ligada a acciones de seguimiento o monitorización que permitan diagnosticar el estado de las poblaciones de la especie objetivo, seguir su evolución en el tiempo y, eventualmente, evaluar la efectividad de las medidas aplicadas.

En general, las acciones de seguimiento y monitorización, a partir de las directrices de EUROBATS (Bat Monitoring Guidelines), son útiles para:

- Detectar cambios en la distribución, rango y abundancia, y proporcionar tendencias a largo plazo.
- Influir en las políticas nacionales o internacionales, y en el establecimiento de prioridades de conservación.
- Evaluar el efecto de las medidas de conservación y gestión.
- Educar a la población sobre la conservación de la vida silvestre.

Varias convenciones internacionales, convenios o directivas europeas reconocen el grado de amenaza que pesa sobre los murciélagos e inciden en la necesidad de implantar estas medidas de seguimiento:

- The Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, Bonn Convention (UNEP/CMS).
- The Agreement on the Conservation of Populations of European Bats (UNEP/EUROBATS).
- Informe sexenal (artículo 17 de la Directiva 93/42/CEE y Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad) para la evaluación del estado de conservación de las especies (anexos II, IV y V) de interés comunitario.

10.1.2. Seguimiento y monitorización

La vigilancia de las poblaciones incluye dos tipos de acciones: seguimiento y monitorización.

El seguimiento consiste en la realización de observaciones repetidas y estandarizadas de la abundancia en el tiempo, utilizando métodos que permitan detectar los cambios en el tamaño de las poblaciones. La monitorización es un concepto más amplio, que implica, además del seguimiento de las poblaciones, el control de otros factores que puedan afectarlas.

Para que el seguimiento, o la monitorización, sean útiles para analizar las tendencias poblacionales, se precisa fijar de manera clara los objetivos y, a partir de ellos, definir el número mínimo de zonas o puntos de muestreo, el método para la selección de estos puntos, el tipo de datos que se precisan, el número mínimo para obtener resultados con fortaleza estadística, la

metodología estandarizada para su obtención, la frecuencia de muestreo y el método estadístico del análisis.

Este manual recoge las directrices y recomendaciones del Convenio para la Conservación de las Poblaciones de Murciélagos Europeos (UNEP/EUROBATS) sobre los métodos que deben seguirse para llevar a cabo estudios comparables y, finalmente, establecer tendencias a escala europea. Asimismo, se intenta ampliar y adaptar a la realidad de los bosques y ecología de las poblaciones de murciélagos forestales de España, y se procura hacerla entendible para los técnicos y gestores forestales.

10.2. Objetivos

Se pretende, por un lado, proporcionar unas pautas metodológicas para el seguimiento de los quirópteros forestales en una zona determinada y/o monitorizar la efectividad de medidas de gestión en dicha zona. Por otro lado, se persigue establecer las bases que permitan implementar en España un sistema de seguimiento de las tendencias poblacionales de los quirópteros forestales más amenazados y de la comunidad forestal en general.

Para ello se han seleccionado especies catalogadas actualmente en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011) (tabla 10.1) e indicadoras del estado forestal, como son el murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteini*), el nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*), el nóctulo mediano (*Nyctalus noctula*), el murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*), el murciélago ratonero bigotudo de Alcatheo (*Myotis alcathoe*), el murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*) y la barbastela (*Barbastella barbastellus*).

Tabla 10.1. Murciélagos amenazados de alto interés de conservación según los anexos de la Directiva Hábitats, el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Ministerio de Medio Ambiente, Real Decreto 139/2011), el Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España y de la lista roja de especies amenazadas de la UICN Aparecen ordenados por importancia de conservación.

Nombre científico	D. Hábitats	CEEA 2011	Libro Rojo 2007	UICN
<i>Myotis bechsteini</i>	Anexo II, IV	VU	VU B2ab(iii)	NT
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Anexo IV	VU	VU B1ab(iii); D1	VU
<i>Nyctalus noctula</i>	Anexo IV	VU	VU B1ab(iii); D1	LC
<i>Myotis mystacinus</i>	Anexo IV	VU	NT	LC
<i>Myotis alcathoe</i>	Anexo IV	VU	DD	DD
<i>Myotis cf. nattereri</i>	Anexo IV	DD	NT	NT
<i>Barbastella barbastellus</i>	Anexo II, IV	NT	NT	NT

10.3. Acciones por desarrollar y metodología

10.3.1. Localización y censo de colonias

1. Selección de zonas de muestreo

Las zonas de muestreo se elegirán en función de la localización de colonias conocidas y se establecerán nuevos puntos en zonas identificadas por los modelos como hábitat potencial donde existe una alta probabilidad de albergar nuevas poblaciones.

2. Métodos de muestreo

Los muestreos de quirópteros se basarán, principalmente, en el empleo de diferentes técnicas explicadas en el capítulo 9.

Por una parte, se utilizarán redes finas sobre puntos de agua y redes aéreas en rodales forestales. Se recomienda utilizar un reclamo de ultrasonidos para atraer a los individuos cerca de la trampa. Para encontrar murciélagos raros suele ser conveniente colocar una red de grabadoras de ultrasonidos automáticas situándolas en los sitios más apropiados para poder registrar su actividad (bebederos, lindes forestales, collados de paso entre valles, etc.). Puntualmente, los muestreos se reforzarán con la utilización de trampa de arpa en pequeños ríos cuya sección de paso quede cubierta por la superficie de esta o en habitáculos utilizados por colonias de murciélagos forestales.

Se instalarán cajas-refugio adaptadas a las especies objetivo en los rodales seleccionados para facilitar su seguimiento a largo plazo (índice de captura/recaptura).

En colonias con una alta ocupación de cajas-refugio cabría la posibilidad de instalar sistemas de conteo de chips y barreras de paso en las cajas-refugio, para controlar los individuos, recapturas y especies a lo largo del año, siempre que los ejemplares se marquen a largo plazo.

Las colonias identificadas en árbol se podrán censar mediante grabación con vídeo de luz infrarroja y ultrasonidos al anochecer, contabilizando la salida de los ejemplares. Se recomienda hacerlo un mínimo de 2 noches diferentes por árbol-refugio ocupado. En caso de no encontrar agrupaciones en las cavidades conocidas en árbol, se requeriría un esfuerzo de localización de nuevos refugios (con caviscopio o con marcaje y radioseguimiento).

Se deberá definir una red de estaciones permanentes de ultrasonidos. Estos métodos permitirán conocer la actividad nocturna de murciélagos en los bosques muestreados a largo plazo.

3. Marcaje de los murciélagos

Los individuos capturados (priorizando hembras) se marcarán con anilla metálica. En caso de alta ocupación de cajas-refugio, se podría marcar con un chip transpondedor, lo cual permitirá monitorizar los movimientos entre cajas y la fidelidad a los refugios de la colonia año tras año, sin que sea necesaria la recaptura.

Si se capturan hembras lactantes o jóvenes del año de las especies consideradas prioritarias, se plantea el marcaje mediante radioemisor de uno o dos de estos ejemplares (solo uno o dos por punto de muestreo, para minimizar molestias), con el objetivo de intentar localizar la colonia de cría.

4. Marcaje de colonias/refugios y caracterización del hábitat

Georreferenciar los árboles con colonias de murciélagos.

Marcaje (muesca/sello) del rodal que contenga los árboles-refugio de una colonia.

Crear una base de datos conjunta con todas las colonias y cavidades ocupadas por quirópteros forestales.

10.3.2. Indicadores básicos

1. Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento e invernada.
2. Número de ejemplares en las colonias de cría.
3. Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.
4. Porcentaje de ocupación de cajas e índice de recapturas de individuos marcados.

10.3.3. Temporización del plan de seguimiento

Fase 1

Se elaborará un inventario intensivo (a lo largo del año) y extensivo (áreas potenciales) durante los dos primeros años para intentar localizar el mayor número de colonias importantes de estas especies y cartografiar los núcleos existentes.

Fase 2

A partir del mapeado de los principales núcleos conocidos (grandes, estables, en los que se conocen sus refugios, etc.) para su seguimiento y conservación, se llevará a cabo un censo completo de las colonias o agrupaciones cada 6 años coincidiendo con la temporización de los informes requeridos por la Unión Europea (sobre la base de lo establecido en las directivas).

Los trabajos de campo se desarrollarán, principalmente, a lo largo de la época estival (junio y julio) y en otoño (septiembre-octubre), a fin de poder constatar la reproducción y el apareamiento de las especies en las localidades seleccionadas dentro del área de estudio. En algunos casos se muestrearán, también, los grupos de hibernación.

10.4. Métodos propuestos para el seguimiento de las especies arborícolas amenazadas

10.4.1 Murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*)

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Sí/Alta	25 colonias	Con cavoscopio y cámara de vídeo de infrarrojos	En las colonias conocidas (rodales de 1-5 ha)	Principios de junio	Cada 6 años	
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Sí/Alta		Captura con redes		Finales de septiembre a principios de octubre	3 años	
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Sí/Media		Conteo directo	En cavidades o edificios	Diciembre o marzo	Anecdótico	
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábítas)</i>	No		Dentro del bosque y cerca de abrevaderos				No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Capturas en bebederos</i>	Sí/Baja		Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales.	Alrededor de la colonia de cría (preferentemente en 1 km de radio)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	No se puede diferenciar claramente de otros <i>Myotis</i>
<i>Control de cajas-refugio</i>	Sí/Media		Conteo directo / Control por transponder				Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de cría
<i>Seguimiento remoto (vídeo)</i>	Sí/Media	> 10 colonias	Con microcámaras en time lapse	En las cajas-refugio ocupadas	De junio a diciembre	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado, de buen enfoque y larga batería
<i>Seguimiento remoto (lector de chips)</i>	Sí/Media	> 10 colonias	Con lectores de chips	En las cajas-refugio ocupadas	Todo el año	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado y con larga batería

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas o *transponders*.
- Hembras reproductoras en caja: con anillas o *transponders*.
- Machos y hembras en *swarming*: con anillas.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de hembras reproductoras en un subconjunto de colonias activas.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.
- Porcentaje de ocupación de cajas e índice de recapturas de individuos marcados.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de apareamiento y de invernada.
- Conocer poblaciones funcionales (varias colonias relacionadas por *swarming*) mediante marcaje o estudios genéticos.
- Estudiar la tasa de ocupación y renovación de cavidades por tipología de bosque y por rodales (de 5 a 10 ha).

10.4.2 *Nóctulo grande (Nyctalus lasiopterus)*

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Si/Alta	> 10 colonias	Con caviscopio y cámara de vídeo de infrarrojos o capturando a la salida o dentro de las cajas	En las colonias conocidas (rodales de unas 5 ha), en cajas-refugio o cavidades de árbol	Junio	Cada 3 o 6 años	Son colonias de fisión-fusión y habría que censar simultáneamente todos los refugios utilizados ese día por la colonia
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con caviscopio y cámara de vídeo de infrarrojos o capturando a la salida o dentro de las cajas	En las colonias conocidas (rodales de unas 5 ha), en cajas-refugio o cavidades de árbol	Finales de septiembre a principios de octubre	Cada 3 o 6 años	Son colonias de fisión-fusión y habría que censar simultáneamente todos los refugios utilizados ese día por la colonia
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Si/Baja	> 10 puntos	Controlados en cajas-refugios	En las cajas conocidas	Diciembre y marzo	Dos veces en invierno cada 3 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España aparte de algunos grupos en cajas
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábítas)</i>	Si/Alta	> 25 puntos	Grabando 5-7 noches	En bebederos	En julio	Cada 6 años	Cabe diferenciar claramente de otros <i>Nyctalus</i> y <i>Tadarida</i>
<i>Capturas en bebederos</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	Alrededor de la colonia de cría (preferentemente en 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de cría
<i>Control de cajas-refugio</i>	Si/Alta	> 25 puntos	Contando dentro de las cajas	En cajas-refugio de las colonias conocidas	Finales de septiembre a principios de octubre	Cada 3 años	
<i>Seguimiento remoto (vídeo)</i>	Si/Media	> 10 colonias	Con microcámaras en time lapse	En las cajas-refugio ocupadas	De junio a diciembre	Cada 3 años	Se requiere disponer de equipo adecuado, de buen enfoque y larga batería
<i>Seguimiento remoto (lector de chips)</i>	Si/Media	> 10 colonias	Con lectores de chips	En las cajas-refugio ocupadas	Todo el año	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado y con larga batería

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas o *transponders*.
- Hembras y machos en caja: con anillas o *transponders*.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.
- Porcentaje de ocupación de cajas e índice de recapturas de individuos marcados.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de apareamiento y de invernada.
- Estudiar la genética de poblaciones y aspectos de la migración y la alimentación.

10.4.3 *Noctulo mediano (Nyctalus noctula)*

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Si/Alta	> 10 colonias	Con caviscopio y cámara de vídeo de infrarrojos o capturando a la salida o dentro de las cajas	En las colonias conocidas (rodales de unas 5 ha), en cajas-refugio o cavidades de árbol	Junio	Cada 3 o 6 años	Son colonias de fisión-fusión y habría que censar simultáneamente todos los refugios utilizados ese día por la colonia
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con caviscopio y cámara de vídeo de infrarrojos o capturando a la salida o dentro de las cajas	En las colonias conocidas (rodales de unas 5 ha), en cajas-refugio o cavidades de árbol	Finales de septiembre a principios de octubre	Cada 3 o 6 años	Son colonias de fisión-fusión y habría que censar simultáneamente todos los refugios utilizados ese día por la colonia
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Si/Baja	> 10 puntos	Controlados en cajas-refugio s	En las cajas conocidas	Diciembre y marzo	Dos veces en invierno cada 3 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábítas)</i>	Si/Alta	> 25 puntos	Grabando 5-7 noches	En bebederos	En julio	Cada 6 años	Cabe diferenciar claramente de otros <i>Nyctalus</i> y <i>Tadarida</i>
<i>Capturas en bebederos</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	Alrededor de la colonia de cría (preferentemente en 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de cría
<i>Control de cajas-refugio</i>	Si/Alta	> 25 puntos	Contando dentro de las cajas	En cajas-refugio de las colonias conocidas	Finales de septiembre a principios de octubre	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado, de buen enfoque y larga batería
<i>Seguimiento remoto (vídeo)</i>	Si/Media	> 10 colonias	Con microcámaras en time lapse	En las cajas-refugio ocupadas	De junio a diciembre	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado y con larga batería
<i>Seguimiento remoto (lector de chips)</i>	Si/Media	> 10 colonias	Con lectores de chips	En las cajas-refugio ocupadas	Todo el año	Cada 3 años	Se requiere disponer de un equipo adecuado y con larga batería

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas o *transponders*.
- Hembras y machos en caja: con anillas y *transponders*.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.
- Porcentaje de ocupación de cajas e índice de recapturas de individuos marcados.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de invernada.
- Estudiar la genética de poblaciones y aspectos de la migración.

10.4.4. Murciélago ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*)

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Como	Donde	Cuando	Cuánto (Temporalidad)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Si/Alta	> 10 colonias	Con caviscoPIO y cámara de vídeo de infrarrojos	En las colonias conocidas (rodales de 1-5 ha) y hábitáculos	Junio	Cada 6 años	
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Si/Baja	> 10 colonias	Capturas a la entrada con arpas	En cavidades de árbol o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Si/Media	> 10 colonias	Conteo directo	En cavidades subterráneas o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábítars)</i>	No			Dentro del bosque			No se puede diferenciar claramente de otros <i>Myotis</i>
<i>Capturas en bebederos</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	En bebederos cercanos a la colonia de cría (preferentemente a 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de cría
<i>Control de cajas-refugio</i>	No						Las utilizan raramente

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas o *transponders*.
- Hembras reproductoras en caja: con anillas o *transponders*.
- Machos en *swarming*: con anillas o *transponders*.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas o *transponders*.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de apareamiento y de invernada.
- Estudiar la tasa de ocupación y renovación de cavidades por tipología de bosque y por rodales (de 5 a 10 ha).
- Estudiar la selección del hábitat y la dieta.

10.4.5 Murciélago ratonero bigotudo de *Alcathoe* (*Myotis alcathoe*)

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Sí/Alta	> 10 colonias	Con caviscoPIO y cámara de vídeo de infrarrojos	En las colonias conocidas (rodales de 1-5 ha) y hábitáculos	Junio	Cada 6 años	
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Sí/Baja	> 10 colonias	Capturas a la entrada con arpas	En cavidades de árbol o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Sí/Baja	> 10 colonias	Conteo directo	En cavidades subterráneas o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábitats)</i>	No						No se puede diferenciar claramente de otros <i>Myotis</i>
<i>Capturas en bebederos</i>	Sí/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	En bebederos cercanos a la colonia de cría (preferentemente a 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia
<i>Control de cajas-refugio</i>	No						Las utilizan raramente

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas.
- Hembras reproductoras en caja: con anillas.
- Machos en *swarming*: con anillas.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de apareamiento y de invernada.
- Estudiar la tasa de ocupación y renovación de cavidades por tipología de bosque y por rodales (de 5 a 10 ha).
- Estudiar la selección del hábitat y la dieta.

10.4.6 Murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*)

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	Sí/Alta	> 10 colonias	Con caviscoPIO y cámara de vídeo de infrarrojos	En las colonias conocidas (rodiales de 1-5 ha) y habitáculos	Junio	Cada 6 años	
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Sí/Media	> 10 colonias	Capturas a la entrada con arpas	En cavidades de árbol o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Sí/Baja	> 10 colonias	Conteo directo	En cavidades subterráneas o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábítas)</i>	No						No se puede diferenciar claramente de otros <i>Myotis</i>
<i>Capturas en bebederos</i>	Sí/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	En bebederos cercanos a la colonia de cría (preferentemente a 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de cría
<i>Control de cajas-refugio</i>	No						Las utilizan raramente

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas.
- Hembras reproductoras en caja: con anillas.
- Machos en *swarming*: con anillas.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de apareamiento y de invernada.
- Estudiar la tasa de ocupación y renovación de cavidades por tipología de bosque y por rodales (de 5 a 10 ha).
- Estudiar la selección del hábitat y la dieta.

10.4.7 Murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*)

1. Metodologías de seguimiento recomendadas

Método	Validez/ Prioridad	Muestra mínima	Cómo	Dónde	Cuándo	Cuánto (temporización)	Consideraciones
<i>Conteo de hembras reproductoras en cavidades ocupadas</i>	/Media	> 10 colonias	Con caviscopio y cámara de vídeo de infrarrojos	En las colonias conocidas (rodales de 1-5 ha) y habitáculos	Junio	Cada 6 años	
<i>Conteo de individuos en swarming</i>	Si/Baja	> 10 colonias	Conteo directo	En cavidades de árbol o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Conteo de individuos durante la invernada</i>	Si/Alta	> 10 colonias	Conteo directo	En cavidades subterráneas o edificios	Diciembre o marzo	Cada 6 años	No se conocen zonas de hibernación suficientes en España
<i>Estaciones de grabaciones automáticas (quiróhábittats)</i>	Si/Alta	> 25 puntos	Grabando 5-7 noches	En rodales de bosques maduros	En julio	Cada 6 años	Siempre se deberán utilizar los mismos puntos en la misma época
<i>Capturas en bebederos</i>	Si/Media	> 25 puntos	Con redes japonesas cruzando la superficie más calmada y limpia de vegetación, y con reclamo de gritos sociales	En bebederos cercanos a la colonia de cría (preferentemente a 1 km de radio; máximo a unos 5 km)	En julio (2 noches en un intervalo de 15 días)	Cada 6 años	Siempre que se lleve a cabo de forma intensiva y simultánea en la totalidad de bebederos disponibles alrededor de la colonia de Si cría
<i>Control de cajas-refugio</i>	No						Las utilizan raramente

2. Marcaje

- Hembras reproductoras en árbol: con anillas.
- Hembras capturadas en bebederos: con anillas.

3. Indicadores

- Número de núcleos o colonias activas/año de cría, apareamiento o invernada.
- Número de cavidades ocupadas/disponibles en 5 ha.
- Número de ejemplares de la colonia por sexos.
- Porcentaje de recapturas ponderado por el esfuerzo/año.

4. Necesidades de estudio

- Conocer más agrupaciones de invernada.
- Estudiar la tasa de ocupación y renovación de cavidades por tipología de bosque y por rodales (de 5 a 10 ha).
- Estudiar la selección del hábitat y la dieta.

Capítulo 11

Criterios de gestión y conservación

Coordinación: Jordi Camprodon

A continuación, se describen los criterios de conservación de las poblaciones de murciélagos integrables en la gestión forestal, teniendo en cuenta cuatro componentes principales del hábitat requeridos por los quirópteros: disponibilidad de refugios, disponibilidad trófica y de agua y densidad de obstáculos (*clutter*), estructuras vegetales que dificulten la maniobrabilidad (Hayes y Loeb, 2007). Se siguen las distintas escalas espaciales utilizadas en este manual: árbol-refugio o árbol con cavidades, rodal o interior de bosque y escala de monte o paisaje. Se comenta de forma sucinta cómo adaptar las distintas estructuras forestales condicionadas por los métodos de gestión silvícola. *A priori*, cualquier método puede adaptarse a los requerimientos ecológicos de estos mamíferos arborícolas y voladores. Sin embargo, determinadas prácticas usuales —y otras no tan convencionales— permiten promover con mayor facilidad las comunidades de quirópteros arborícolas o forestales.

11.1. Gestión a escala de árbol

La disponibilidad de buenas cavidades en árbol es escasa en los bosques productivos. La mayor parte de nuestros bosques en producción maderera se han cortado a tamaños máximos de 35-45 cm de diámetro normal y edades que habitualmente no superan los 120 años. Dichos grosores de fuste y edades son muy limitadas para proveer una red de refugios aptos para los quirópteros arborícolas (véase el capítulo 6).

Por otro lado, las cavidades en un árbol decrepito o muerto pueden tener una duración bastante limitada, sobre todo en estacas de madera en descomposición avanzada, que pueden caer fácilmente en un vendaval. Por ejemplo, una estaca de frondosa de madera blanda puede llegar a una «vida útil» de 4-5 años (Smith, 1997). Asimismo, las estacas con cavidades de pico tienen más probabilidad de romperse por la menor resistencia que ofrecen a la altura del nido (Holzinger, 1987; Martínez-Vidal, 2001).

11.1.1. ¿Cuántos árboles con cavidades son necesarios?

La respuesta de los murciélagos al número, disposición y calidad de las cavidades depende de la biología de cada especie, del tipo de bosque y de múltiples factores ecológicos (Hayes y Loeb, 2007) (figura 11.1). Puede darse el caso de que un incremento moderado en cavidades conduzca a una rápida respuesta en la abundancia de murciélagos y/o éxito reproductor de una colonia o, como tendencia opuesta, haga falta un elevado número de cavidades para asegurar el mantenimiento de una población. En el primer caso, el esfuerzo del gestor puede verse enseguida recompensado. Conocer estas tendencias, así como el tipo de refugio preferido por los quirópteros que queramos potenciar, es un dato importante para la gestión: permite ponderar el esfuerzo que deberá realizarse en conservación para que, además de efectivo, sea técnica y económicamente eficiente.

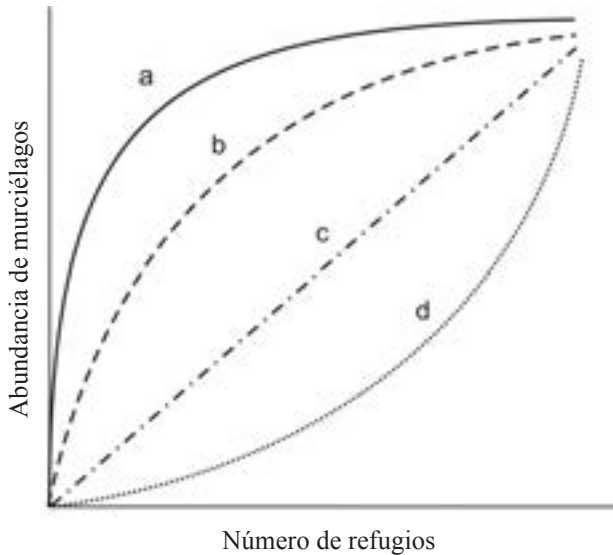


Figura 11.1. La relación entre los quirópteros y la densidad de refugios puede tomar distintas formas: a) la abundancia de murciélagos incrementa abruptamente; b) adopta una curva convexa; c) se incrementa de forma lineal; d) adopta una forma cóncava. La respuesta adoptará una forma u otra en función de la biología de las especies, el tipo de bosque y múltiples factores ecológicos. Original de Hayes y Loeb, 2007.

A pesar de lo arriesgado que es en dinámicas ecológicas citar valores cuantitativos de referencia, estos son de gran utilidad al gestor que debe tomar decisiones sobre la mejor manera de manejar sus montes. Por ello, podemos aventurar algunos criterios de forma segura y aportar algunos datos cuantitativos de forma orientativa, apoyados por la literatura y la experiencia. Así pues, teniendo como referencia los datos comentados en la descripción de las cavidades y que un individuo puede utilizar más de 20 cavidades a lo largo de su vida, la recomendación sería proporcionar cuantas más cavidades mejor en un bosque. No todas serán utilizadas a la vez y algunas estarán ocupadas temporalmente por otros vertebrados como aves o lirones, pero proporcionarán un superávit útil para el recambio estacional y para diferentes especies. Además, hay cavidades preferidas a otras poco utilizadas, con lo cual puede establecerse una priorización de árboles por conservar, en caso necesario. La identificación de estos árboles más frecuentados puede utilizarse en contados casos en sentido contrario: qué árboles cortar en caso de detección de una enfermedad nociva para los murciélagos incubada en la cavidad y que amenaza la supervivencia de la población (Fortuna *et al.*, 2009).

En los bosques con un objetivo productivo prioritario es posible dejar en pie todos los árboles con cavidades útiles sin pérdidas económicas, ya que las cavidades serán escasas y muchas de ellas estarán concentradas en árboles de escaso o nulo valor económico (decaídos, muertos, malformados). En todo caso, deberían reservarse en pie, por lo menos, entre 5-10 pies/ha de árboles vivos con cavidades y la totalidad de estacas, con o sin cavidades, de por lo menos 20 cm de clase diamétrica, preferiblemente siempre concentrados en rodales que repartidos por la masa forestal.

Identificar en un bosque las cavidades aptas para quirópteros se asemeja a una labor titánica. Por el contrario, localizar los mejores árboles potenciales para proveer cavidades es ya una tarea asequible. Para seleccionar estos árboles pueden seguirse unos criterios básicos, expuestos en el cuadro 1. Sería interesante marcar aquellos potencialmente ricos en cavidades para evitar que sean talados a largo plazo.

Cuadro 1. Criterios de selección de árboles con cavidades

En los procesos de marcaje de árboles para su corta deben respetarse los que presenten cavidades y una selección de los árboles más viejos y gruesos que puedan presentar cavidades en un futuro. Distinguir estos árboles puede ser evidente en determinados casos (figura 11.2), en especial los que contengan nidos de pícido, pero algunas buenas cavidades pueden ser crípticas a simple vista y pasar inadvertidas. A continuación, se ofrecen algunos criterios orientadores para la identificación de los árboles con cavidades o susceptibles de formarlas.

Cavidades ocupadas. Los gritos de murciélago (que se escuchan, sobre todo, al atardecer) y las pátinas de orina en el tronco por debajo del agujero ayudan a identificar la utilización de una cavidad por quirópteros (figura 6.7, capítulo 6).

Árboles con varios agujeros, generalmente próximos. Pueden corresponder a cavidades amplias, muy indicadas para las colonias de cría o apareamiento (figura 6.1, capítulo 6).

Cavidades de pico. Suelen ser evidentes y fáciles de identificar en un árbol vivo o muerto. Sin embargo, asegurar que un agujero de pico es apto merece una inspección más detallada. A menudo se trata de agujeros incompletos, sin suficiente hueco para refugiar murciélagos. Para intentar salir de dudas sin tener que trepar al árbol, lo mejor es situarse a cierta distancia y altura para poder, así, observar la cavidad en el menor ángulo posible. Con la ayuda de unos binoculares enfocamos al fondo del hueco. Si no es oscuro y adivinamos el fondo se trata de un inicio de nido, no apto para murciélagos. En cualquier caso, un árbol con indicios de nido de pico es, a priori, un buen árbol para que a los pocos años un pico lo seleccione como árbol nido y/o se formen cavidades por podredumbres o desprendimiento de la corteza (figura 6.5, capítulo 6).

Árboles viejos, decaídos o muertos. Presentan procesos de descomposición de la madera (grietas, descortezamientos, podredumbres, etc.). Se trata, especialmente, de árboles de fustes gruesos. Las grietas estrechas en árbol, habitualmente en árboles viejos o muertos, pueden acoger colonias de cría (figuras 6.3 y 6.4, capítulo 6).

Árboles con muñones y pudriciones. Árboles viejos en los que se han roto o bien se han muerto ramas. Puede observarse la formación de una cavidad por putrefacción. La mayoría de veces se trata de inicios de cavidad. Para cerciorarnos de su aptitud procederemos como en lo descrito para los agujeros de pico (figuras 6.7 y 6.8, capítulo 6).

Coníferas gruesas con tronco bifurcado en altura. A menudo la cavidad es muy difícil de observar, al emplazarse en vertical a la bifurcación. Preventivamente, pueden reservarse algunos pies de buen porte de estas características (figura 6.10, capítulo 6).

Frondosas acompañantes. Chopos, álamos y otras especies de madera blanda suelen ser sustratos preferidos por los picos. Frondosas viejas, con troncos y ramas gruesas que presenten malformaciones y cicatrices, pueden ofrecer cavidades aptas, a pesar de su escaso porte (figuras 6.5 y 6.11, capítulo 6).



Figura 11.2. Ejemplo de cavidades en una frondosa.
Ilustración: Martí Franch.



Figura 11.3. Vieja estaca de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) con cavidades bajo la corteza aptas para el murciélago barbastela (*Barbastella barbastellus*) y viejos nidos de pico mediano (*Dendrocopos medius*), adecuados para el murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteini*). Parque Natural de Izki, Euskadi. Foto: Jordi Camprodon.

Otro factor por tener en cuenta es que las cavidades son un recurso efímero, en especial las producidas en estacas. Un árbol muerto acabará descomponiéndose por completo y rompiéndose a trozos en unos años o, en el peor de los casos, cayendo entero antes de que pueda proveer de cavidades aptas, ya que se cierran con cierta rapidez (como se ha observado en plátanos de parques urbanos). Por consiguiente, el gestor deberá prever un recambio de cavidades con el tiempo. Para conseguir optimizar este recambio cuando los recursos humanos sean escasos, se puede optar por la siguiente estrategia. Por un lado, realizar un seguimiento de las cavidades en enclaves preferentes, como, por ejemplo, en las colonias de cría de especies amenazadas. Por otro, aprovechar los señalamientos de las intervenciones forestales convencionales para reservar o producir nuevas cavidades.

11.1.2. Árboles de reserva

Si no se han estimado las cavidades o se observa una falta de estas, se pueden reservar de la corta los árboles que empiezan a ahuecarse por podredumbres o la actividad de pájaros carpinteros, y/o árboles decrepitos o de gran tamaño (a partir de clase diamétrica 20 cm, pero mejor mayores, a partir de la clase 40 cm). Tanto puede tratarse de ejemplares malformados, *a priori* buenos generadores de cavidades, como de excelentes árboles silvícolas, que a la vez suponen árboles semilleros y una reserva genética para el bosque (Camprodon, 2007, 2014). Los árboles viejos, especialmente si son de gran tamaño, tienen una mayor probabilidad de albergar o formar cavidades (figura 11.4).



Figura 11.4. Gran ejemplar de roble (*Quercus subpyrenaica*) en un latizal alto de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*). El Solsonès, Cataluña. Foto: Jordi Bas.

Los árboles reservados de gran tamaño, con copas vitales y desplegadas, ocupan un espacio del rodal que reduce, por competencia, la capacidad de otros individuos para que promocionen al estrato dominante. Para reducir este efecto de competencia puede optarse por anillar, trasmochar, debilitar mediante heridas en fuste o raíces o podar grandes ramas de estos árboles. Desarrollarán copas y sistemas radiculares menos vitales (menor competencia), e iniciarán un proceso de decaimiento que facilitará la formación de cavidades.

Idealmente, los árboles-refugio de reserva deberían emplazarse a lo largo del rodal. No obstante, puede reservarse parte de estos árboles en las zonas menos accesibles del rodal, donde sean difíciles las labores de apeo, de modo que no se afecte a árboles maderables. Los árboles de reserva pueden señalizarse con marcas expresas que los identifiquen y faciliten su seguimiento (figura 11.5). Cada árbol señalado puede incorporarse a una base de datos con la descripción de sus características, especies ocupantes y georreferenciación.



Figura 11.5. Pino laricio (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) utilizado como refugio por murciélagos y señalado para preservarlo de las cortas y facilitar su seguimiento. Niolo, Córcega. Foto: Jordi Camprodon.

11.1.3. Distribución de las cavidades

Las cavidades suelen ser un recurso bastante agregado en función de la calidad de estación, de las diferencias de edad del arbolado por rodales, bosquetes o grupos, condicionantes de gestión, etc. Cierta distribución homogénea de cavidades por el rodal es beneficiosa cuando hay abundancia de ellas. No obstante, en bosques gestionados donde hay un número limitado de cavidades disponibles, y teniendo en cuenta la estructura de fisión-fusión de las colonias de hembras en cría, pueden concentrarse cavidades por grupos de árboles (Ruczynski *et al.*, 2010); por ejemplo, entre 3 y 5 buenas cavidades/ha en 1.000 m². Esta medida puede complementarse con una planificación a escala de monte que reserve una red de rodales, donde puedan concentrarse cavidades (véase el apartado 11.3.2).

En los ecosistemas de montaña existe una elevada probabilidad de que un árbol reservado tras una corta final sea tumbado por el viento, la nieve o la conjunción de los dos agentes por falta de protección de los árboles vecinos. Por esta razón, si se reservan pies con cavidades en cortas de regeneración, es mejor combinar la distribución homogénea de pies con interés biológico con la formación de pequeños grupos, donde los árboles con cavidades en el tronco se acompañan por unos pocos vecinos codominantes que, a pesar de poder ser menos vigorosos, actúan como pantalla contra las tormentas (Camprodon *et al.*, 2007). Orientativamente, la orla de protección puede comprender un perímetro de 1,5 veces el diámetro de copa de los árboles dominantes (Forestry Commission for England and Wales *et al.*, 2005). La figura 11.31 ilustra la distribución de los árboles-refugio en distintos escenarios de paisaje.

11.1.4. Mezcla arbolada

Una buena medida es favorecer, cuando aparecen, los árboles de madera blanda, como abedules, chopos y álamos, especialmente en los bosques de coníferas (figura 11.6). Sus fustes relativamente blandos son seleccionados preferentemente por los picos, incluso siendo árboles vitales. En los bosques de coníferas con objetivo productivo, los pies añosos de frondosas acompañantes pueden proveer la mayor parte de las cavidades naturales (Camprodon, 2013).



Figura 11.6. Monte con mezcla arbolada de frondosas, con predominio de coníferas, en los Pirineos. Alta Ribagorça, Cataluña. Foto: Pilar Armengol.

11.1.5. Cajas-refugio y facilitación de cavidades

Cuando la disponibilidad de cavidades en árbol es baja, el gestor puede proporcionar nuevas cavidades o promover su formación natural mediante distintas técnicas. La instalación de cajas-refugio para murciélagos es la opción más usual y la que proporciona mejores resultados a corto plazo, si el modelo de caja es adecuado a la especie (o a las especies) de murciélago que se pretende favorecer y están correctamente ubicadas. Existen muchos y diversos modelos y tamaños, que se comentan en el capítulo 7.

Dado que no es un elemento natural del bosque, la instalación de cajas-refugio está justificada solo cuando se observe una falta de cavidades naturales o para estudios científicos y seguimiento de poblaciones, objetivos que pueden combinarse con la utilidad didáctica de este recurso. Las cajas-refugio pueden emplazarse preferentemente en las colonias de cría, apareamiento o invernada de especies amenazadas, donde complementarán la disponibilidad de cavidades existentes. Otras opciones son emplazarlas en buenos rodales potenciales para especies raras o amenazadas. En especies que efectúan largos desplazamientos de caza, como los nótulos grandes, pueden proveerse cajas-refugio en zonas estratégicas para reducir las distancias entre zonas de campeo en amplios espacios abiertos y zonas de refugio.

Una alternativa o acción complementaria a las cajas es formar cavidades en árboles mediante las herramientas adecuadas. Consiste en taladrar agujeros en troncos de madera blanda con un taladro de broca ancha, hacia arriba, en un ángulo de unos 45-60° y con una profundidad mínima de 20 cm. Otro método novedoso es practicar huecos con motosierra en árboles vivos o muertos (Rueegger, 2017). Se dispone de pocas experiencias al respecto, pero representa una medida muy barata y fácilmente ejecutable en extensivo y que no implica la instalación de elementos artificiales en el bosque. Los inconvenientes son las limitaciones constructivas (se realizan cavidades poco complejas).

Una opción muy interesante es crear árboles senescentes o muertos que acaben descomponiéndose en estacas. Se trata de provocar o acelerar procesos que se producen de forma natural dentro de la dinámica del bosque. La primera técnica consiste en provocar heridas en el floema con hacha, sierra o motosierra para que el árbol entre en estado de senescencia sin provocar su muerte. La segunda técnica es anillar por completo el tronco del árbol para provocar su muerte en pocos años (véanse el cuadro 2 y la figura 11.7). Otro recurso es plantar estacas *in situ* de troncos caídos para que sean agujereadas rápidamente por picos. Estas deben medir, por lo menos, unos 3 m de altura, con troncos de, como mínimo, clase diamétrica 20 cm.

Cuadro 2. Anillado y debilitamiento de árboles

El anillado consiste en la remoción completa de una banda de corteza y madera externa del árbol (figura 11.7). Esta acción corta todos los haces de conducción del floema y el cámbium, tejido que regenera el crecimiento secundario en grosor; por tanto, el árbol se debilitará hasta su muerte, si no puede rebrotar desde debajo del anillado. Se practican con sierra o hacha dos incisiones separadas 10-20 cm de hasta 2 cm de profundidad del fuste y se vacía el contenido (Camprodon y Guixé, 2016).

Un objetivo es reducir la competencia sin tener que extraer el árbol (por ejemplo, en situaciones de difícil desembosque o con mucha presencia de regenerado) y otro es favorecer la biodiversidad. El árbol anillado irá decayendo con los años y podrá ser colonizado por hongos e invertebrados saproxílicos, y constituirá un sustrato idóneo para que los pájaros carpinteros excaven sus nidos. Los quirópteros podrán refugiarse bajo las cortezas exfoliadas o en las cavidades viejas de pico. Pinos negros, silvestres y salgareños anillados en bosques catalanes estaban debilitados o muertos a los 3-4 años (figura 11.8).

¿Qué árboles escoger?

Árboles de, por los menos, clase diamétrica 20 cm (grosor mínimo para que un pico picapinos construya su nido), a poder ser mayores.

Si se desea priorizar las cavidades de pico, mejor que sean árboles de porte recto y autopoda. Pueden escogerse árboles con síntomas de decrepitud.

Otra opción es seleccionar pies con malformaciones, bifurcados en altura y sin apenas valor comercial.

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 11.7. Proceso de anillado de un pino. Se puede practicar con motosierra o hacha. Fotos: Jordi Bas.



Figura 11.8. Estado de un pino silvestre de unos 30 cm de diámetro normal, pasados dos periodos vegetativos desde que fue anillado. A medida que se descortece y caigan las ramas será apto para los picos y los murciélagos. Life TAXUS, Alta Garrotxa, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.

El número y distribución de cajas-refugio, cavidades o árboles anillados dependerá de varios factores: el primer de ellos, la voluntad y autorización del propietario del bosque; luego, los objetivos específicos de conservación; finalmente, los recursos disponibles. Pueden distribuirse de manera individual o bien por grupos de 3-10 cajas o 3-5 estacas, concentradas en rodales, donde haya baja disponibilidad de cavidades aptas, o bien cerca de las colonias o puntos estratégicos de interés (por ejemplo, cercanas a puntos de agua).

Debe tenerse en cuenta que, a diferencia de las cajas-refugio, la producción de estacas no asegura por sí sola la formación de buenas cavidades para los quirópteros. Su idoneidad dependerá de la formación de grietas adecuadas bajo las cortezas o de que los picos las escojan para excavar sus nidos. En consecuencia, pueden pasar varios años hasta que un árbol debilitado o anillado produzca cavidades aptas para murciélagos.

11.1.6. Importancia de los grandes árboles viarios y de parques urbanos

En el caso de poblaciones de murciélagos forestales que habitan arboledas urbanas es muy importante la conservación del conjunto de los árboles que ocupan a lo largo del año. Un ejemplo de especie forestal asidua del medio urbano es el nóctulo mediano (*Nyctalus noctula*), cuya población se ha visto reducida en los últimos años (figura 11.9). En Pamplona, por ejemplo, se

cortó un chopo donde vivían 32 ejemplares, que representaba la agrupación más grande de esta especie de toda la península ibérica (Alcalde, 2002).

Es importante tener en cuenta algunos conceptos a la hora de diseñar un parque urbano de interés para los quirópteros (Camprodon *et al.*, 2012):

- Asegurar la presencia de árboles gruesos en cierta densidad. Puede tratarse de hileras de árboles de parques y avenidas o bien agrupaciones de árboles en marco de plantación irregular. Los grandes plátanos, muy habituales como arboledas urbanas, son un buen ejemplo de especie que con los años forma cavidades naturales. Es importante promocionar árboles de fustes altos y gruesos y sin podas o, en todo caso, que no se eliminen de ellos las ramas gruesas.
- Los espacios abiertos entre los árboles con vegetación herbácea y arbustiva también son utilizados como zonas de caza. Las agrupaciones arbustivas ofrecen refugio y alimento a insectos presa y, por tanto, de manera indirecta son beneficiosas para los murciélagos.
- Presencia de puntos y/o cursos de agua (balsas, estanques, ríos de curso lento) cercanos que ofrezcan agua para beber y, sobre todo si están naturalizados, con abundancia de insectos.
- Mantener o crear una red de líneas de árboles que ofrezcan refugios y actúen de corredor biológico, uniendo las masas arboladas del tejido urbano con los bosques circundantes aprovechando arroyos, caminos, avenidas, etc.



Figura 11.9. Parque urbano con las diferentes especies de murciélagos. De izquierda a derecha: murciélago enano (*Pipistrellus pipistrellus*), orejudo dorado (*Plecotus auritus*, al fondo y en primer plano), murciélago ratonero patudo (*Myotis capaccinii*), murciélago ratonero gris itálico (*Myotis cf. nattereri*) y nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*). Ilustración: Martí Franch.

11.2. Gestión a escala de rodal

La gestión forestal sostenible se define como la administración y el uso de los bosques de manera y en tal medida que mantengan su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial de cumplir, ahora y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes, a escala local, nacional y global, sin causar daño a otros ecosistemas (Conferencia Ministerial de Helsinki, 1993). A pesar de ello, en los bosques con un objetivo prioritario productivo, difícilmente se alcanzarán los niveles más elevados de biodiversidad potencial asociada a estados avanzados del ciclo silvogenético, tales como clases de edad diversificadas, entre las cuales, las cercanas al límite de longevidad de los árboles dominantes, así como madera muerta abundante y de grandes dimensiones (cuadro 3). Sin embargo, en los bosques productivos pueden integrarse fácilmente componentes estructurales que favorezcan niveles relativamente altos de biodiversidad (figura 11.10), en lo que podríamos llamar un modelo de planificación forestal integrativo (Kraus y Krumm, 2013).

El modelo alternativo sería zonificar el monte de forma que existan, por ejemplo, rodales destinados básicamente a la producción, sin demasiadas contemplaciones en lo relativo a la conservación de la biodiversidad (por ejemplo, plantaciones forestales y estructuras de monte bajo), junto a otros rodales que se destinan a conservación. Los dos modelos son completamente complementarios, pudiéndose combinar en el espacio, en función de las características y restricciones del terreno y los objetivos de la gestión. Del mismo modo, el modelo integrativo, en el fondo, consiste en un gradiente de mayor a menor compromiso por parte del gestor o propietario del monte en integrar medidas de conservación y mejora de la biodiversidad. A continuación, se describen distintos modelos de gestión desde la óptica de la conservación de los murciélagos.

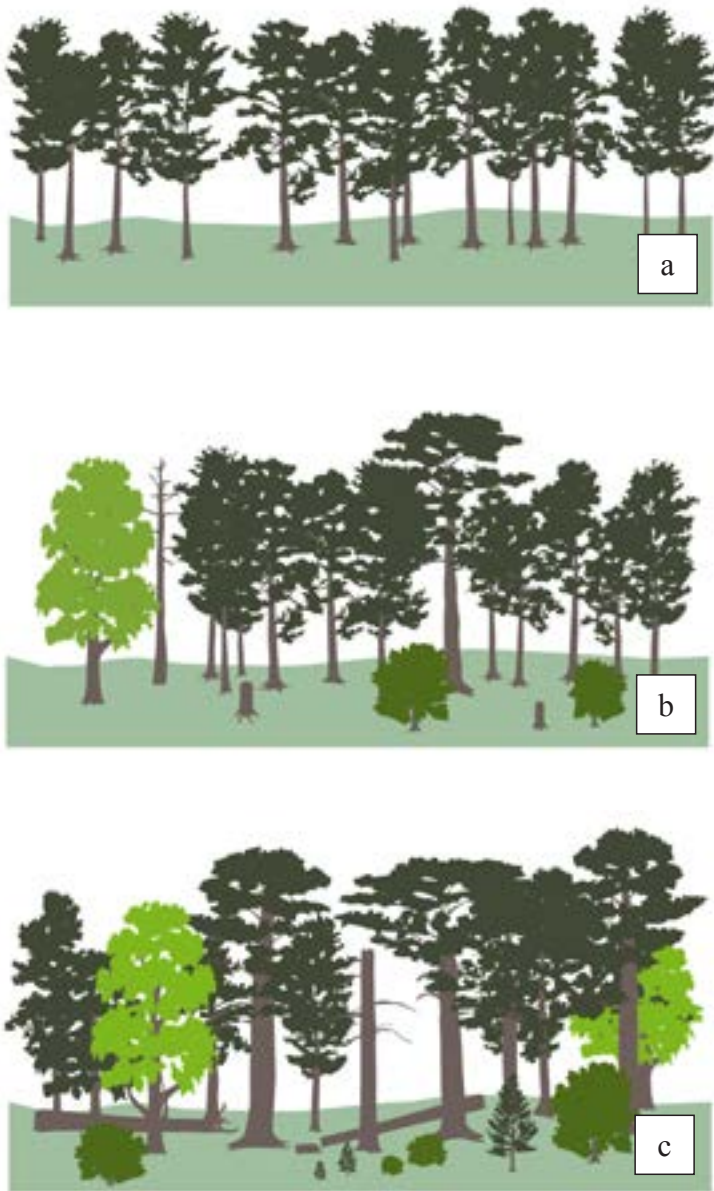


Figura 11.10. Integración, en un fustal alto en producción (a), de componentes de alto valor para la conservación de la biodiversidad (b), propios de bosques maduros (c). Estos componentes pueden ser árboles grandes aislados o en grupos dejados a evolución libre, madera muerta de diferentes tipologías, algunas cepas cortadas altas y arbustos productores de fruto carnoso, dispersos por el rodal y/o concentrados en pequeñas grupos o claros. Ilustración: Anna Gallés.

11.2.1 Rodales y bosques maduros

La actividad de quirópteros suele ser superior a medida que se incrementan las variables de madurez de un bosque. Un rodal maduro se caracteriza por la dominancia de árboles de edad avanzada, 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). Suele traducirse en un elevado número de pies de **grandes dimensiones**, en función de la especie y la calidad de estación ecológica (figuras 11.11 y 11.12). Asimismo, suelen existir árboles senescentes y **madera muerta** en cantidad importante en pie y en el suelo, y en distintos estados de descomposición.

Otra característica que define un rodal maduro es su **dinámica natural de regeneración** mediante pequeñas perturbaciones que abren claros en el dosel (Peet y Christensen, 1987; Oliver y Larson 1990). De esta resulta una estructura de masa con representación de distintas clases de edad, existencia de huecos en el dosel y regeneración de especies tolerantes a la sombra. La composición florística del sotobosque en tangencia de copas está dominada por **especies nemorales** asociadas a la existencia continua de cubierta en un rodal a lo largo del tiempo. En estas condiciones, la riqueza florística puede que sea inferior a la de bosques con dosel más abierto, con claros y/o pastoreo, en los cuales penetran especies pratenses, arvenses o ruderales. Idealmente, otro rasgo es su **diversificación vertical**: aparición de varios estratos diferenciados, que lleva a la existencia de pies de distintas alturas. A menudo, rodales que identificamos como maduros por el tamaño de sus árboles no disponen de dicha estratificación, debido a una intervención antrópica histórica o como respuesta a una perturbación natural que ha uniformizado el rodal. En una escala espacial grande, de bosque, esperaríamos encontrar una diversificación vertical por grupos o bosquetes.

Finalmente, en un rodal maduro **no se han dado intervenciones antrópicas**, por lo menos en muchas décadas o siglos (Fiedler *et al.*, 2007). Los bosques auténticamente maduros, donde suceden las distintas fases del **ciclo silvogenético** (cuadro 3), están sujetos únicamente a perturbaciones autogénicas. Debemos distinguir entre **rodal** y **bosque maduro**. Un rodal es una superficie discreta del bosque con unas características estructurales homogéneas. Por su parte, un bosque maduro debe tener tamaño suficiente para mantener los ciclos ecológicos internos y para que se dé el ciclo silvogenético completo de desarrollo, de modo que un determinado rodal viejo pueda ser reemplazado en el futuro por otro con la suficiente madurez para sustituirlo en sus funciones (EUROPARC-España, 2017).

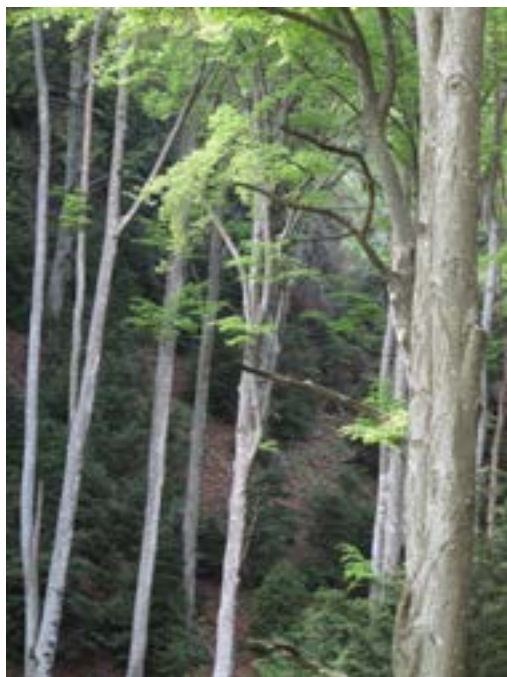


Figura 11.11. Rodal maduro de un hayedo calcícola con boj. Árboles de 50-80 cm de diámetro normal y alturas de hasta 47 metros, con abundante madera muerta y cavidades en árbol vivo. La Grevolosa, sistema Transversal, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.



Figura 11.12. Abetal maduro con haya en Turieto, con abundante madera muerta. Parque Nacional de Ordesa, Aragón. Foto: Ramón Jato.

Estas características estructurales proporcionarán refugios en abundancia y de tipologías adecuadas para cada especie de quiróptero arborícola. A la vez, estados avanzados de madurez, con toda su complejidad estructural y de microhábitats, pueden ofrecer una mayor abundancia de nichos donde alimentarse los murciélagos y estructuras vegetales suficientemente abiertas para no hallar grandes obstáculos en la búsqueda de alimento, refugio y para desplazarse. Una estratificación vertical bien desarrollada —propia de fases avanzadas del ciclo silvogenético— puede proporcionar mayores recursos tróficos, sobre todo de aquellos que cazan sobre superficies. No obstante, los quirópteros pueden hallar mayores concentraciones de recursos tróficos en otros hábitats y utilizar el rodal maduro principalmente como zona de refugio.

Las masas maduras son realmente escasas en los bosques europeos. En el área mediterránea, habitualmente corresponden a pequeños rodales libres de intervenciones madereras desde, al menos, unos 50 años, en general debido a su mal acceso. Es apremiante, pues, la declaración de reservas forestales que permitan proteger las muestras de bosques maduros y llevarlas a estadios aún más avanzados de madurez. A la vez sería muy interesante proteger extensas masas forestales para que puedan desarrollarse las distintas fases del ciclo silvogenético.

Partiendo de los datos de la Forestry Commission for England and Wales *et al.* (2005), en superficies forestales del orden de centenares de hectáreas el objetivo sería tener un mínimo del 5% de la superficie a evolución natural. Precisamente, en los montes públicos de Navarra esta

medida es prescriptiva. En bosques pequeños (< 5 ha), los gestores deberían hacer lo posible por conservar un mínimo de 10 árboles maduros/ha (a partir de la clase diamétrica 40 cm).

Estos rodales pueden corresponder a zonas de alto valor ecológico (por ejemplo, que incluyan la conservación de colonias de especies amenazadas de murciélagos), si bien muy a menudo se emplazan en zonas de escaso valor comercial o difícil acceso. El emplazamiento de rodales maduros en zonas extremas puede no corresponder a un elevado interés para los murciélagos. Por ejemplo, en pinares de pino negro de los Pirineos catalanes emplazados a gran altitud, los valores de actividad de quirópteros tendían a ser más bajos que en pinares en regeneración emplazados en mejor calidad de estación (Camprodon y Guixé, 2007). En la misma línea, Arnett y Hayes (2003) encuentran que las hembras en cría no escogen altas elevaciones, a pesar de encontrar en ellas refugios abundantes.

Cuadro 3. La dinámica sucesional

En un ciclo sucesional de un bosque sujeto a perturbaciones naturales de baja intensidad, actuando a pequeña escala espacial (**dinámica de claros**) y sin intervenciones antrópicas, pueden distinguirse las siguientes fases secuenciales (figura 11.13):

Renovación o reorganización. Movilización e inmovilización progresiva de nutrientes que permiten la ocupación del espacio por plántulas de herbáceas y leñosas, a partir del banco de semillas o de su llegada por dispersión, de rebrotes e individuos relativamente jóvenes, supervivientes de la fase de senescencia. Puede asimilarse a una fase de **establecimiento** (Terradas, 2001).

Explotación. Entre las especies pioneras, el arbolado va acumulando la mayor parte de la biomasa y tiende a cerrar el dosel arbóreo, a la vez que se abren claros por competencia, en función de la densidad y mortalidad gradual de los árboles. Con el cierre del dosel se acentúa la competencia arbolada y la eliminación de individuos menos vitales y especies arbóreas menos competitivas, así como la exclusión de especies de sotobosque intolerantes a la sombra. Identificable como una fase de **autoclareo** (Terradas, 2001).

Conservación o maduración. Fase de consolidación de las especies arbóreas dominantes, prolongada por los límites de su longevidad, y de lenta y máxima acumulación de energía y biomasa viva y en descomposición. También denominada fase de **estabilización** (Terradas, 2001). Se produce un relevo gradual del dosel por decaimiento y muerte de pies dominantes, y la sustitución por especies en general tolerantes a la sombra, a menos que perturbaciones de baja intensidad produzcan claros mayores. En amplias extensiones de bosque se producen todos los estadios precedentes por apertura de claros, de tal forma que se diversifica la estructura horizontal y vertical del bosque.

Liberación (o «destrucción creativa»). La gran acumulación de energía y biomasa, con una proporción muy elevada en forma de madera muerta en pie y tumbada, se fragiliza y se convierte en más vulnerable a las perturbaciones (incendios, ventiscas, nevadas, inundaciones, deslizamientos de tierra, avalanchas, infecciones, plagas).

Corresponde a una fase de **senescencia o decadencia**, que dará lugar al reinicio del ciclo, con un arbolado al límite de su longevidad, de grandes dimensiones y en buena calidad de estación, que generalmente va espaciándose y abriendo pequeños huecos que dan cabida a pies más jóvenes.

Corresponde a la fase con mayor diversidad de especialistas forestales (hongos saproxílicos, líquenes, briófitos y fanerógamas nemorales, coleópteros saproxílicos, aves ocupantes de cavidades, murciélagos arborícolas, etc.), que aprovechan la diversificación de nichos: cortezas de árboles viejos, formación de cavidades, madera muerta de distintas tipologías, etc.



Figura 11.13. Estadios estructurales de una dinámica sucesional por apertura de claros en el dosel. Adaptado de EUROPARC-España, 2015. Ilustración: Anna Gallés.

Estas fases tienen un comportamiento cíclico, definido por algunos autores como **ciclo silvogenético** (Gilg, 2005; EUROPARC-España, 2017). Un ciclo completo a escala de rodal o de bosque tiene una duración del orden de centenares de años, atendiendo al límite de longevidad del arbolado en ausencia de perturbaciones severas. Las perturbaciones naturales retornan los estados avanzados de la sucesión hacia los iniciales. Los aprovechamientos madereros en bosques secundarios inciden habitualmente en la fase de explotación manteniendo el bosque permanentemente en este estadio (masas irregulares) o retornándolo al estadio de renovación (estructuras regulares). Las perturbaciones de gran intensidad (grandes incendios, tormentas violentas, avalanchas extraordinarias) acortan las fases sucesionales y sobrepasan ampliamente la dinámica de claros. El resultado es una dinámica de gran escala, del orden de decenas o centenares de hectáreas.

11.2.2. Monte bajo

Las estructuras arbóreas con dominancia de chirpiales comportan masas muy densas y poco desarrolladas en dimensiones de los fustes. La disponibilidad de cavidades es escasa y la densidad de vegetación puede dificultar las maniobras de los murciélagos, si no se han efectuado podas y cortas de selección de rebrotes. Las cavidades en tocón pueden ser habituales en el monte bajo, pero raramente son utilizadas por los quirópteros (Campronon *et al.*, 2009).

Para favorecer la presencia de quirópteros forestales en el monte bajo se recomienda su reconversión a monte alto o medio (Figura 11.14). Durante este proceso es importante incrementar la densidad de árboles gruesos y/o viejos que puedan generar cavidades. Igualmente, sería conveniente respetar los pies que presenten buenas cavidades (por ejemplo, de pícido o de cicatriz por caída de rama), escasos en el monte bajo. A falta de cavidades naturales, es indicada la colocación de cajas-refugio.



Figura 11.14. Reconversión de monte bajo de encinar en monte alto, aún joven para formar buenas cavidades, pero apto para el vuelo de los murciélagos. Pallars Sobirà, Cataluña. Foto: Área de Gestión Forestal Sostenible, CTFC.

11.2.3. Monte alto de estructura irregular

Los bosques con estructuras irregulares permiten la continuidad de cobertura arbolada en el espacio y en el tiempo (figuras 11.15 y 11.16); estructura que favorece la formación de comunidades estables de quirópteros. Sin embargo, las estructuras irregulares desestructuradas pueden tener poca capacidad de acogida para los murciélagos arborícolas si no disponen de una densidad adecuada de árboles de grandes dimensiones (Camprodon *et al.*, 2018), con pies de 35-45 cm de diámetro normal o más gruesos (figura 11.16). Una práctica tradicional de gestión de estos montes ha sido el huroneo, donde en cada intervención (habitualmente entre 15 y 25 años,

dependiendo de la masa y de las necesidades monetarias del propietario) se cortaban los mejores árboles. Esto daba como resultado masas desestructuradas silvícolamente y empobrecidas en biodiversidad y calidad genética del arbolado.

Actualmente se potencia una gestión forestal sostenible, que planifica un régimen de claras de mejora con selección de los mejores árboles de futuro. Una vez conseguido un equilibrio de clases de edad, se realizan las claras selectivas de los pies que han llegado a la edad o al diámetro de corta requerido. Para favorecer la biodiversidad, en general, se recomienda prolongar los diámetros de corta y la densidad de los árboles gruesos para sierra (Camprodon, 2013). De cara a los murciélagos arborícolas, en particular, esta prolongación principalmente favorecerá la probabilidad de que los árboles más añosos formen cavidades naturales. Para incrementar sustancialmente la oferta de cavidades deben aplicarse las orientaciones descritas para los árboles-refugio. Mediante las claras selectivas de pies dominados, la estructura resultante facilitará el vuelo de los quirópteros. Durante del señalamiento de las claras selectivas, se tendrán en consideración los árboles con cavidades que se pretende reservar, así como los pies que se deban anillar si se estima conveniente.

La regeneración puede conseguirse pie a pie, en grupos o pequeños bosques (1.000 a 3.000 m²), según el temperamento de la especie arbórea. Desde el punto de vista de la conservación de la diversidad biológica, las estructuras irregulares con árboles gruesos y madera muerta son las que mejor se adaptan al proceso de regeneración natural del bosque, siguiendo los criterios de silvicultura cercana a la naturaleza, expuestos sintéticamente más adelante.

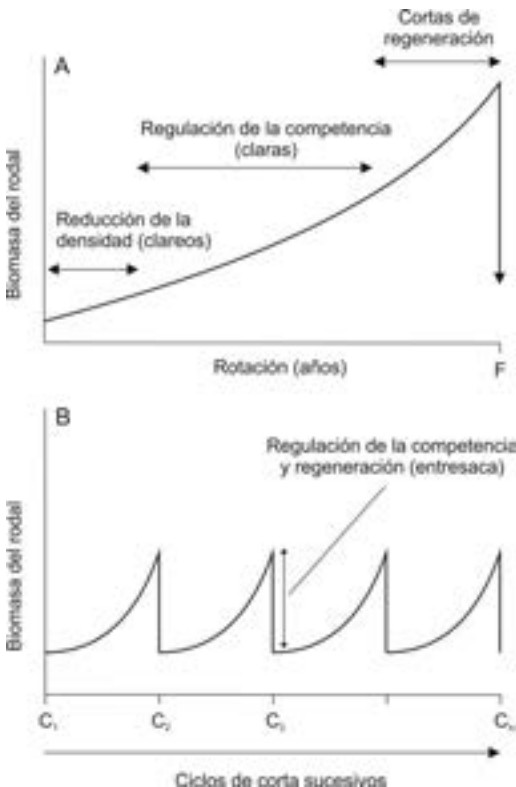


Figura 11.15. Tratamientos distribuidos en el tiempo en masas arboladas de estructura irregular (arriba) y regular (abajo). Adaptado de Guldin *et al.*, 2007.



Figura 11.16. Pinar de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) de estructura irregular, donde se observan tres generaciones de arbolado, algunos árboles grandes y formación de estacas que pueden proporcionar refugios. La densidad arbórea, sin embargo, es elevada, con poca autopoda, y está en el límite admisible para una buena maniobrabilidad para los quirópteros. La Cerdanya, Pirineos. Foto: Área de Gestión Forestal Sostenible, CTFC.

11.2.4. Monte alto de estructura regular

En un bosque de estructura regular, por lo menos el 90% de los árboles pertenecen a una misma clase artificial de edad, de modo que la mayor parte de la masa arbolada va creciendo a partir de su germinación, y en ella se efectúan claros para disminuir las densidades de arbolado joven (figura 11.18) y claras por lo alto para regular la competencia del arbolado adulto (figura 11.19). Llegado el turno prefijado, se corta la totalidad del rodal en una o varias veces para retirar los árboles maderables y asegurar su regeneración (figuras 11.15 y 11.21).

En las fases iniciales (arbolado joven hasta superar el estadio de latizal alto), la densidad de pies es muy elevada y la cobertura de copas, demasiado cerrada para facilitar el vuelo los murciélagos, incluso aquellos con más capacidad de maniobra. No son condiciones reamente adecuadas hasta aproximadamente superado un tercio de un turno de 90-120 años (Guldin *et al.*, 2007). El arbolado que alcanza la madurez máxima permitida por el turno es demasiado joven

como para formar cavidades abundantes aptas para quirópteros. Para incrementar sustancialmente la oferta de refugios deben aplicarse las orientaciones descritas para los árboles-refugio.



Figura 11.17. Hayedo maduro con estructura irregular por bosquetes, muy apto para el refugio de murciélagos arborícolas. La Grevolosa, sistema Transversal, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.



Figura 11.18. Estructura regular de pino negro en estadio de fustal bajo, excesivamente densa para los murciélagos. Se observan puntos rojos, correspondientes al señalamiento de una clara de mejora. Proyecto Gallipyr, Pallars Sobirà, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.



Figura 11.19. Hayedo de estructura semirregular. Hábitat del nótulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Valle de Ansó.
Foto: Luis Lorente.

Turnos de corta

Aproximar los turnos de corta a la mitad del límite de longevidad del arbolado permitiría una prolongada idoneidad de los rodales regulares para los murciélagos. Para llevarlo a la práctica de forma generalizada en bosques productivos, no dependientes solamente de la voluntad conservacionista del propietario, es necesario disponer de mercados de madera de calidad que permitan edades de corta prolongadas.

Discontinuidades en el dosel

Las discontinuidades en el dosel muy denso, tales como los claros, torrentes y caminos, favorecen la circulación de los murciélagos.

Clareos y claras

Los clareos, las claras, la autopoda y la mortalidad natural de los árboles a medida que envejecen van adecuando el rodal para el forrajeo y la búsqueda de refugios por parte de los murciélagos. Las claras para regular la competencia en rodales densos aceleran el desarrollo de los árboles hacia mayores diámetros de fuste y alturas. Durante las claras deben reservarse las estacas y árboles decrepitos o muertos existentes, y se pueden anillar o debilitar árboles escogidos, en caso de que se observe poca cantidad de árboles con cavidades o que puedan formarlas. Esta labor no es muy necesaria durante los clareos, ya que el bosque es demasiado joven y denso (figura 11.18).

Cortas de regeneración

En pinares de pino negro de los Pirineos catalanes, densidades de entre unos 600 y 1.200 pies/ha alcanzaban mayor actividad de quirópteros en verano. Densidades de arbolado inferiores, correspondientes a cortas diseminatorias y finales con reserva de árboles semilleros, conservaban actividad de murciélagos, pero esta tendía a ser significativamente menor (figura 11.21).

La heterogeneidad del subvuelo o del sotobosque arbustivo y herbáceo puede incrementar la disponibilidad de presas. Las muy bajas densidades de arbolado pueden funcionar como espacios de caza, pero ser malas proveedoras de buenos refugios, bien por la escasa densidad de refugios o bien por falta de homeostasis microclimática: mayor exposición a altas temperaturas en verano, demasiadas oscilaciones térmicas como para invernar en ellos y mayor exposición de la cavidad a vientos y lluvia (véase la última imagen de la figura 11.21).

Aclareo sucesivo

En la regeneración por aclareo sucesivo uniforme pueden generarse estacas por anillado en intervenciones expresas o bien durante las distintas cortas (preparatorias, diseminatorias y finales, figura 11.21). Pueden anillarse grupos de 3-5 árboles cercanos que incrementen la probabilidad y disponibilidad de formar una red de cavidades para los murciélagos. Esta iniciativa se ha llevado a cabo en pinares para favorecer las poblaciones de murciélagos en la lucha biológica para prevenir episodios de plaga de procesionaria del pino (figura 11.20). De forma sinérgica, las estacas producidas proporcionarán huecos para la regeneración. En las cortas finales es recomendable proteger las estacas con una retención de algunos árboles vivos vecinos que les proporcionen protección contra el viento, constituyendo **grupos de árboles-refugio de reserva** para la conservación de murciélagos y otros elementos de biodiversidad asociados a las cavidades y a la madera muerta. Los árboles vivos de reserva ejercen, a la vez, de semilleros a turno prolongado hasta la consolidación del regenerado o bien de forma indefinida. El aclareo sucesivo por pequeños bosquetes permite prolongar en el tiempo la aptitud del hábitat como refugio para los murciélagos.



Figura 11.20. Clara selectiva para favorecer las frondosas y las poblaciones de quirópteros. Se trata de una experiencia piloto, cuyo objetivo es la prevención de plagas de procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en rodales de pino laricio (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) y pino silvestre (*Pinus sylvestris*) del centro de Cataluña. Imagen izquierda: se anillan grupos de 3-5 árboles para su decaimiento y formación de cavidades (marcados con círculo), acompañados de grupos de 4-6 cajas-refugio de dos modelos. Imagen derecha: se cortan los pinos dominados y los que compiten con robles, encinas y otras frondosas (marcados con punto), para constituir una masa mixta, menos vulnerable a incendios y plagas y a la vez más transitables para los murciélagos. Fotos: Jordi Camprodon.

Cortas por fajas y cortas a hecho

Las cortas de regeneración por fajas pueden proporcionar corredores de vuelo y espacios de caza. Sin embargo, conllevan un impacto paisajístico, aunque puedan diseñarse con contornos irregulares, y están alejadas de una regeneración cercana a la naturaleza.

Las cortas a hecho en grandes superficies no suelen realizarse en bosques de regeneración natural ibéricos. Se aplican a las plantaciones con objetivo comercial. Después de una corta a hecho, las plantaciones son espacios de caza para murciélagos que cazan habitualmente en espacios abiertos. Pueden distribuirse grupos de árboles-refugio de reserva. Esta actuación debería ser vinculante en caso de localización de colonias de especies amenazadas. De todos modos, es poco probable la selección de plantaciones comerciales por parte de los murciélagos, debido a sus cortos turnos de corta.

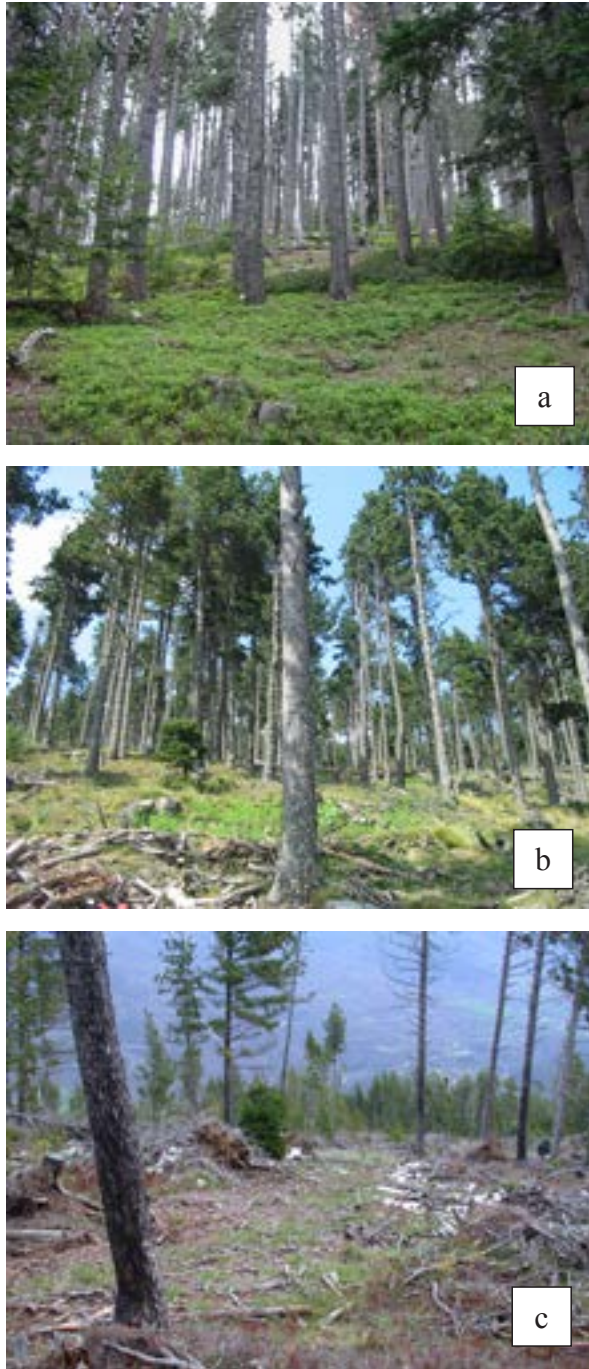


Figura 11.21. Fustal alto de estructura regular de pino negro con cortas preparatorias (a) y aclaratorias de la regeneración (b), y corta final con reserva de algunos árboles semilleros (c). El Ripollès, Cataluña. Fotos: Jordi Camprodon.

11.2.5. Silvicultura cercana a la naturaleza

Se inspira en las estructuras y los procesos ecológicos que se producen en los bosques de una región específica. Este principio se puede utilizar para conseguir todo tipo de objetivos, incluyendo la producción de madera, la protección de la naturaleza y los valores sociales (Brang *et al.*, 2014). En la práctica, y en líneas generales, se propone mantener siempre una fracción de cabida cubierta que proteja el suelo y mantenga las condiciones microclimáticas forestales. Se actúa mediante cortas de selección pie a pie, por grupos o por bosquetes de mayor o menor tamaño según el temperamento de la especie. Esto no significa adoptar estructuras estrictamente irregulares, sino aquellas a las que se adapte mejor el sistema.

Esta gestión puede compatibilizar, en mayor o menor grado, la obtención de productos forestales con la preservación de la biodiversidad, ya que las técnicas silvícolas utilizadas tienen un efecto lo más mimético posible, con una frecuencia y escala similar al régimen de perturbaciones naturales de pequeña intensidad (por ejemplo, Hansen *et al.*, 1991; Hobson y Schieck, 1999). Comporta coberturas continuas en el tiempo, apertura de claros e integración de variables de madurez, como abundante madera muerta y turnos de corta largos que proporcionan un buen hábitat para los murciélagos.

11.2.6. Claros en el bosque

Las aperturas pequeñas o grandes sin arbolado inmersas en la matriz boscosa proporcionan espacios de caza y facilitan el movimiento de los murciélagos (figuras 11.22 y 11.23). Si en estos claros crece una diversificada vegetación herbácea y arbustiva y/o si están ocupados por balsas o lagunas, pueden proporcionar alimento abundante en forma de insectos asociados a distintas plantas nutricias. Los grupos de árboles y bosquetes abiertos para conseguir la regeneración pueden cumplir con este cometido, pero debe tenerse en cuenta que su propósito es conseguir la regeneración abundante de la especie o las especies arboladas objetivo, no formar claros permanentes, con lo cual la heterogeneidad de la vegetación será menor una vez conseguida la regeneración completa.



Figura 11.22. Claro en un robleal de roble carballo (*Quercus robur*), con árboles maduros. La Garrotxa, Cataluña. Foto: Joan Montserrat.



Figura 11.23. Claro en pinar de pino negro (*Pinus uncinata*) del valle de Benasque, Aragón, zona de campeo de *Myotis* cf. *nattereri*. Foto: Luis Lorente.

11.2.7. Desbroces del sotobosque

Los desbroces son una práctica silvícola convencional para prevenir incendios, ganar pastos bajo cubierta o acceder al bosque. Los desbroces deberían ser siempre selectivos, desbrozando preferentemente los pies de las especies leñosas con mayor potencial de crecimiento en altura y recubrimiento, las más pirófitas y las más abundantes en la zona y no protegidas (figura 11.24).

En los desbroces para prevención de incendios, los más habituales, solo se elimina el material vegetal que sobrepasa los 1,3 m de altura y que contacta con las copas de los árboles o puede llegar a hacerlo (combustible de escala). No es necesario desbrozarlo todo, sino que debería mantenerse hasta un 25-30% de recubrimiento compuesto por especies protegidas, de interés biogeográfico, leñosas productoras de fruto y hiedras de gran porte que trepan por los troncos. El sotobosque inferior a 1,3 m de altura no se debería tocar. De esta forma se cumple con el objetivo de prevención de incendios y se mantiene la mayor parte del hábitat de los insectos que conforman la dieta de los murciélagos.



Figura 11.24. Pinar de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) y pino silvestre (*Pinus sylvestris*) después de efectuar claras de mejora y desbroces selectivos. Parque Natural de Els Ports, Cataluña. Foto: Área de Gestión Forestal Sostenible, CTFC.

11.3. Gestión a escala de paisaje

11.3.1. Topografía

El uso del hábitat por parte de los murciélagos se adapta a la topografía, tal y como se ha comentado en el capítulo 4. El gestor de un espacio natural debe tener en cuenta que las prescripciones comentadas para la conservación de quirópteros arborícolas a escala de rodal deberían repartirse, a escala de paisaje, por las zonas potencialmente óptimas para acoger colonias de cría y/o invernada. Por ejemplo, los fondos de valle y las laderas sur arboladas favorecen a las hembras en cría, mientras que en invierno pueden ser más adecuadas zonas umbrías y húmedas.

11.3.2. Estructura horizontal del bosque: mosaico y fragmentación

Una elevada diversidad en la comunidad de murciélagos se asocia a densidad y variedad de refugios, espacios de caza con estructuras que faciliten el vuelo y abundancia de presas y puntos de agua (Hayes, 2003). Una buena combinación de estos elementos puede darse en los paisajes en mosaico (figura 11.25), que asocien bosques maduros con masas boscosas en diferentes etapas de la sucesión y ecotonos con orlas arbustivas, combinados con espacios abiertos de matorral (por ejemplo, producto de incendios forestales), herbazales, prados y/o cultivos no intensivos y espacios acuáticos (charcas, lagunas, cursos fluviales, etc.). En particular, los bosques de ribera bien conservados y complejos son el hábitat más seleccionado por la mayoría de las especies (Vaughan, 1997). Proporcionan refugios, espacios de caza y bebida en el curso fluvial, zonas inundadas y actúan, a su vez, como corredores.



Figura 11.25. Ejemplo de paisaje en mosaico forestal con espacios abiertos dentro de una matriz forestal de robleal en las solanas, hayedo en las umbrías y bosque mixto de frondosas en las vaguadas y torrentes. El arbolado más disperso de copas más anchas corresponde a pequeñas dehesas maduras dominadas por el roble pubescente (*Quercus pubescens*). El Collsacabra, sistema Transversal, Cataluña. Fuente: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Cuando el mosaico de paisaje conlleva una atomización de las unidades de hábitat en pequeños fragmentos, en lugar de ser beneficioso puede suponer un impacto sobre los quirópteros forestales: menor disponibilidad de refugios, pérdida de homeostasis microclimática, más riesgo de depredación y gasto energético en los vuelos de un fragmento a otro, menor disponibilidad de presas, etc. (figura 11.26).

Es de suma importancia evitar que los fragmentos no sean demasiado pequeños ni que se encuentren totalmente aislados. Se consideran buenos los fragmentos con un mínimo de unas 25 ha, por ejemplo, para *Myotis bechsteinii* (Hill y Greenaway, 2006), aunque pueden ser más pequeños (de unas 2 a 20 ha) si se trata de bosques viejos, complejos, bien estratificados y con mucha cavidad en árbol (Camprodon y Guixé, 2008). Los elementos lineales leñosos (setos, bosques de ribera, líneas de árboles) son muy importantes para mantener la conectividad entre fragmentos.



Figura 11.26. Reconstrucción virtual de un paisaje con distintos grados de fragmentación y pérdida de hábitat, desde una matriz forestal a otra agrícola. El mosaico de la figura superior derecha se asemejaría a un paisaje óptimo para el refugio y la caza de los murciélagos arborícolas. Original de Martí Franch, extraído de Camprodon, 2013.

11.3.3. Red de bosques maduros

Con el fin de habilitar buenos hábitats-refugio para los murciélagos forestales, en especial los arborícolas estrictos, es recomendable y necesario establecer una red de bosques maduros. Estos bosques estarían destinados a un objetivo de conservación prioritario. Pueden adoptarse distintas medidas de gestión de estos rodales (Camprodon, 2007): desde la evolución libre, la gestión activa

con objetivo de restauración o mejora de elementos naturales hasta la compatibilización con aprovechamientos (por ejemplo, silvopastorales, de setas o leñas). Si se dan aprovechamientos, estos no han de poner en riesgo los valores biológicos que singularizan estos bosques ni los procesos ecológicos que conducen su dinámica natural.

Las reservas pueden ser desde microrreservas de grupos de árboles-refugio de grandes dimensiones, a ser posible con mezcla de especies leñosas, hasta bosques extensos. Pequeños rodales de 1 a 10 ha, con elevada disponibilidad de buenas cavidades, pueden acoger el núcleo de una colonia de murciélagos. Sin embargo, son preferibles las superficies mayores, del orden de decenas de hectáreas, que además de contener una superior capacidad de acogida permiten que en ellas puedan darse todas las fases del ciclo silvogenético distribuidas en el espacio, actuando como auténticos bosques maduros.

Esta red de reservas forestales debe repartirse por los distintos montes de una región administrativa, de forma que pueda planificarse su ubicación desde los organismos públicos o privados competentes y se vele por su gestión. Han de cumplir una triple función: 1) preservar colonias de quirópteros arborícolas (existentes o conocidas), 2) permitir el intercambio genético actuando como conectoras de subpoblaciones y 3) en caso de no existir poblaciones de especies raras o amenazadas, constituir hábitats potenciales para ser ocupados. Por consiguiente, los rodales que componen esta red deben estar suficientemente cercanos, del orden de centenares de metros a pocos kilómetros de distancia. Se considera que podría destinarse entre un 3 y un 5% de la superficie forestal a escala de paisaje (macizo o valle) en forma de rodales o bosques maduros. Los bosques maduros reservados y rodales con abundancia de refugios para murciélagos deben estar emplazados en distintos enclaves del paisaje, no limitados a zonas sin interés maderero o de difícil acceso. Su proximidad a puntos de agua permanentes es otro criterio que debe tenerse en cuenta (figura 11.33).

11.3.4. Intensificación forestal y agrícola

La intensificación forestal o agrícola, que tiende a homogeneizar los paisajes, tiene un impacto profundo en comunidades de insectos nocturnos. Las poblaciones de especies presa de los murciélagos pueden verse favorecidas por medio de una agricultura menos intensiva, mejor si es ecológica, que provea y mantenga hábitats diversos, buenos márgenes arbustivos y linderos estructuralmente variados y cerca de zonas forestales. También puede favorecerlas la ganadería extensiva dentro de la capacidad de carga del sistema y sin uso de herbicidas, de forma que el ganado no degrade la vegetación ni el suelo. Se recomienda encarecidamente la restauración de los setos arbustivos y con arbolado disperso o dispuesto en franjas a lo largo de los márgenes de cultivos y pastos.

Los sistemas silvopastorales (dehesas), con grandes árboles en bajas densidades, son espacios de caza y refugio muy interesantes, desde pequeñas superficies de pocas decenas de hectáreas hasta extensas dehesas (figura 11.27). Incluso densidades muy bajas, de 20 a 30 árboles/ha, pueden atraer numerosas poblaciones de murciélagos en una matriz agrícola o pastoral (Lumsden y Bennett, 2005; Fischer *et al.*, 2010). Pueden transformarse masas densas de arbolado, cercanas a pastos, como sistemas silvopastorales en baja densidad, que favorezcan los vuelos de caza de los murciélagos (figura 11.28). Debe tenerse en cuenta que los quirópteros contribuyen al

control de insectos nocivos para la agricultura y la producción forestal, de forma que se establece un mutualismo con el agricultor y el silvicultor que se preocupa por la conservación de los murciélagos de su finca.



Figura 11.27. Alcornocal adhesado, hábitat del murciélago ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) y del nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*). Parque Natural de los Alcornocales. Foto: Carlos Ibáñez.



Figura 11.28. Corta en rodal denso y joven de pino negro (*Pinus uncinata*), colindante con pastos, en el Parque Natural del Alt Pirineu, con el objetivo principal de mejorar el hábitat para los murciélagos. Foto: Jordi Camprodon.

11.3.5. *Ecotonos*

Las zonas de transición entre ecosistemas son seleccionadas preferentemente por los murciélagos como espacios de caza y desplazamiento a lo largo de sus bordes (Walsh y Harris, 1996; Sleep y Brigham, 2003; Hein *et al.*, 2009). La complejidad estructural de especies leñosas es difícil de encontrar en el interior de un bosque muy denso y joven, con copas tangentes o trabadas, y mucho menos en los sistemas pastorales o agrícolas, dominados de forma exclusiva por una o pocas herbáceas productivas. Por consiguiente, es importante potenciar las orlas arbustivas y de mezcla arbolada de varios metros de ancho a lo largo de los ecotonos (figura 11.29), que proporcionen variedad de especies nutricias para los artrópodos y actúen, así, de espacios de caza predilectos de los murciélagos.



Figura 11.29. Comunidades arbustivas de transición entre hayedo-robledal y pastos. El Vidranès, Prepirineo oriental, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.

11.3.6. *Conectores*

En los paisajes fuertemente fragmentados es importante potenciar los conectores vegetales: setos altos, líneas de árboles y bosques de ribera que enlazan los fragmentos de bosque (Cowan,

2002). Reducen las distancias por recorrer al descubierto y actúan como áreas de caza, sobre todo para las especies pequeñas de murciélagos (Limpens y Kapteyn, 1991). En concreto, prefieren los setos arbustivos, poco manejados, de 2-5 m de ancho y alto, que parecen ser más efectivos en la protección contra el viento y congregan más insectos en el lateral protegido.

A escala de paisaje, los bosques de ribera son un hábitat clave para los murciélagos, al constituir vías de migración, refugio, caza y bebida, tanto en la misma vegetación riparia como directamente sobre el curso fluvial que la nutre. En una matriz agrícola o pastoral es de vital importancia para los murciélagos conservar y restaurar los bosques aluviales, no como finos cordones lineales a lo largo de los ríos, sino recuperando su amplitud a lo ancho de las llanuras aluviales. Dentro de la matriz forestal también deben preservarse y recuperarse, por la diversificación de recursos que ofrecen a los quirópteros. Los bosques de ribera, en valles o cabeceras, rompen con la homogeneidad del dosel arbóreo dominante, aportando riqueza de especies leñosas, con distintos portes (desde especies arbustivas a árboles altos y gruesos), distintas fases de decaimiento a cortas distancias y frondosas de madera blanda, predilectas para los nidos de picos (figura 11.30).



Figura 11.30. Bosque aluvial en el río Ter, Cataluña. Foto: Jordi Camprodon.

11.3.7. Caminos y carreteras

Los caminos constituyen también espacios de campeo y rutas de desplazamiento. Conviene que no sigan una linealidad arbórea, siendo mejores los meandros y siluetas en eses, que reducen la acción del viento y crean un microclima más cálido. Es mejor que no estén asfaltados, para así reducir el riesgo de atropello de murciélagos en vuelo raso.

Las carreteras de asfalto, en especial las vías rápidas, pueden actuar como barreras para el movimiento de los murciélagos, con riesgo de atropello, incluso en las carreteras donde los vehículos circulan a baja velocidad. Los murciélagos usan bien los pasos subterráneos bajo las carreteras de más de 2 m de altura.

11.3.8. Masas de agua

Las elevadas tasas metabólicas de los murciélagos insectívoros les exigen incorporar agua de bebida en su dieta, en especial durante la gestación y la lactancia. Los puntos de agua son también un área de gran abundancia de artrópodos que les sirven como presa. Por lo tanto, la proximidad de puntos de agua puede ser un factor seleccionado por los murciélagos para emplazar sus zonas de refugio (Hayes, 2003).

Se recomienda, pues, el mantenimiento y la restauración de puntos de agua adecuados para la bebida. Estas acciones se completarían con la construcción de nuevos puntos de agua, de forma que se constituya una red donde no falten buenos bebederos, en una densidad mínima aproximada de un punto de agua por kilómetro cuadrado a lo ancho del territorio. Asimismo, pueden construirse bebederos cercanos a las colonias conocidas de quirópteros, a distancias del orden de decenas a pocos centenares de metros.

Las aguas de los bebederos deben estar poco eutrofizadas, con una lámina de agua de, por lo menos, varios centímetros y bastante libres de hidrófitos en superficie. Sirven los embalses, lagos de montaña, estanques, lagunas de agua dulce y charcas. En el caso de las pequeñas charcas es importante que estén despejadas de vegetación alta a los lados (figura 11.31). Por lo que respecta a los ríos y canales de riego, los murciélagos prefieren, para beber, los tramos de curso lento (figura 11.32).

Incluso los puntos de agua de obra o de lona son puntos predilectos, como, por ejemplo, los depósitos para prevención de incendios. El hecho de que estén cerrados con malla metálica no impide que los murciélagos los utilicen, siempre que sean suficientemente anchos o largos (con un mínimo de 3×2 m), y la valla no esté adyacente a la orilla del agua. En los depósitos cerrados y profundos es importante disponer algún dispositivo (red, trampilla o rampa) para ayudar a los murciélagos y otra fauna vertebrada a salir si caen en el agua.



Figura 11.31. Charca donde acuden los murciélagos a beber. A pesar de sus mínimas dimensiones y escasa lámina de agua es un bebedero frecuentado por los nótulos grande y pequeño. Sierra de Albarracín, sistema Ibérico, Aragón. Foto: Luis Lorente.



Figura 11.32. Curso lento de un río donde acuden los nótulos grandes para beber, en un robledal maduro de quejigo andaluz (*Quercus canariensis*). Parque Natural de Los Alcornocales, cordillera Bética. Foto: Jordi Camprodon.

A lo largo de los ecotonos, caminos forestales y masas de agua, debe procurarse la disposición de árboles-refugio. En su ausencia pueden instalarse cajas. La figura 11.33 resume la disposición de un paisaje en mosaico con la reserva de árboles-refugio y rodales maduros recomendables a escala de paisaje.



Figura 11.33. Diseño de distintas posibilidades de reserva de árboles-refugio. Árboles rojos: pequeñas reservas de árboles grandes y viejos por conservar. Árboles azules: grupos de árboles con cavidades y/o estacas o cajas-refugio, repartidos por el rodal. Árboles naranjas: árboles tampón. Árboles verdes: pueden llevarse a cabo aprovechamientos forestales que integren medidas de conservación. Zonas A-H: pequeños rodales de reserva a evolución libre o con tratamientos de mejora. A: rodal maduro; B: bosques de ribera; C: franjas en ecotonos bosque-matorral-pasto-cultivo; D: bosques-isla o tampón estratégicamente emplazados, por ejemplo, entre edificios, caminos y cursos de agua; E: grupos de árboles en sotos, afloramientos de roca y otras discontinuidades microtopográficas; F: dehesas y parques con árboles gruesos; G: franjas arboladas en la ribera de lagunas, lagos y embalses; H: árboles-refugio preservados después de actuaciones forestales, tales como cortas finales en aclareos sucesivos. Adaptado de Forestry Commission for England and Wales *et al.*, 2005. Ilustración: Pere Rovira.

11.3.9. Otros refugios: edificios y cuevas

Los edificios, puentes, minas y cuevas diseminados por el paisaje pueden proporcionar cobijo, especialmente para el *swarming* y la invernada. Debe procurarse que estos refugios estén acondicionados para albergar a los murciélagos forestales.

Cuadro resumen

Factores prioritarios que deben considerarse en la gestión forestal para la conservación de poblaciones de quirópteros

Disponer de datos cuantitativos sobre poblaciones de murciélagos, especialmente especies amenazadas, permite ponderar el esfuerzo requerido en conservación para que, además de efectivo, sea técnica y económicamente eficiente. Estos datos incluyen, en especial, la georreferenciación de las colonias y de los árboles y cajas-refugio, así como otros datos destacados, tales como los bebederos, los refugios potenciales o rodales de interés especial por su madurez y/o heterogeneidad.

Escala de árbol-refugio

- Reservar los árboles muertos en pie, en especial las estacas a partir de la clase diamétrica 20 cm.
- Preservar todos los **árboles-refugio** con buenas cavidades (para la identificación de los árboles-refugio, consúltese el cuadro 1). Procurar una orla arbolada alrededor de los mejores pies con cavidades, como protección contra el viento, la excesiva iluminación y otras perturbaciones. Del orden de 1,5 veces el diámetro de copa de los árboles dominantes.
- Promocionar **árboles de reserva** (a partir de la clase diamétrica 40 cm) para que formen cavidades en el futuro. Del orden de 5-10 pies/ha por lo menos. Estos árboles de reserva son, además, muy importantes para el conjunto de la biodiversidad (hongos, epífitas, invertebrados, aves, etc.). Pueden ser pies vitales o bien con señales de decrepitud.
- Cuando las cavidades existentes son escasas pueden instalarse **cajas-refugio** especialmente diseñadas para murciélagos (véase el capítulo 7). Una acción complementaria para aumentar las cavidades en árbol es **taladrar** el tronco o promover su formación mediante **anillado** total o parcial del árbol. Otra opción es **plantar estacas** caídas. Estas deben medir, por lo menos, unos 3 m de altura y tener un grosor mínimo de 18 cm de diámetro normal.
- Favorecer **árboles de madera blanda** en el estrato dominante, como abedules, chopos y álamos, especialmente en los bosques de coníferas.
- Preservar **los grandes árboles urbanos** que acogen colonias de murciélagos arborícolas, como el nóctulo mediano. No efectuar podas de ramas gruesas y permitir el

desarrollo de árboles de troncos altos y gruesos. Por ejemplo, los grandes plátanos de parques urbanos pueden formar magníficos refugios.

Escala de rodal

- La principal prioridad es **integrar** elementos de madurez en los rodales destinados a la producción de madera y leñas: **árboles gruesos y viejos**, en distintas fases vitales, que incluyen desde los primeros síntomas de senescencia hasta **pies muertos** en pie y desramados (*estacas*).
- Mantener y procurar la **renovación** de las distintas tipologías de **refugios naturales o artificiales**. Siempre que sea posible, procurar una distribución por grupos de **3-10 árboles-refugio/estacas/cajas-refugio**; distribuir los grupos de la forma más homogénea posible a lo largo y ancho del rodal.
- **Reservar rodales** de los aprovechamientos madereros donde existan poblaciones de **quirópteros amenazados**. Conservar las características estructurales de la masa entre 100 y 500 m alrededor de los árboles-refugio que concentran colonias de cría o invernada importantes. Se recomienda radios mayores en colonias importantes de especies amenazadas.
- La declaración de **rodales o bosques maduros a evolución libre** puede beneficiar a las poblaciones de quirópteros arborícolas. A ser posible, superiores a 10 ha y con mezcla de frondosas. Sin embargo, deben emplazarse fuera de zonas muy expuestas a cambios bruscos de temperatura y agentes meteorológicos adversos, y preferentemente cercanos a puntos de agua permanente.
- **Clareos y claras** que reduzcan densidades son beneficiosas en **masas muy cerradas**. Las formaciones arboladas con elevada densidad de pies y copas trabadas o sotobosque que contacte con el dosel arbóreo suponen serios obstáculos para los movimientos de los murciélagos. Orientativamente, son beneficiosas densidades de entre 400 y 1.200 pies/ha, a pesar de que pueden ocupar densidades arboladas mucho menores, en especial en una matriz agrícola o pastoral.
- Las masas con aprovechamiento maderero más favorables para los murciélagos y que mantienen condiciones ecológicas más estables en el tiempo son las **masas irregulares**, regeneradas pie a pie, por grupos o por pequeños bosquetes mediante entre-sacas que seleccionen los mejores pies de futuro. Para mejorar la aptitud de la masa se recomienda aumentar los diámetros de corta de los árboles más gruesos.
- En las **masas regulares**, los clareos y claras favorecen la utilización del bosque por los murciélagos. Las cortas de regeneración uniformes en grandes extensiones reducen la idoneidad de los montes arbolados por los quirópteros arborícolas, en especial su capacidad de refugio. Idealmente, conviene aproximar el turno lo máximo posible, por lo menos a la mitad de longevidad media del arbolado.
- La regeneración por **aclareos sucesivos** uniformes, por fajas o por bosquetes, puede adaptarse a la conservación de los quirópteros integrando las medidas de conservación ya comentadas a escala de árbol-refugio y rodal. De entre estas, la regeneración

por **pequeños bosquetes** repartidos en el espacio (no contiguos) es la más favorable para el mantenimiento del hábitat de los murciélagos.

- En las masas en monte bajo se recomienda su reconversión a monte alto o medio, con el objetivo de incrementar la densidad de árboles gruesos y/o viejos que generen refugios. Igualmente, se recomienda la colocación de cajas, generación de refugios y plantado de estacas.
- En los desbroces para **prevención de incendios** solo se debería eliminar el material vegetal que sobrepase los 1,3 m de altura, manteniendo hasta un 25% del combustible de escala.
- La **silvicultura cercana a la naturaleza** es una buena herramienta para integrar criterios de conservación de los murciélagos en bosques con objetivo prioritario productivo.
- **Los claros en el bosque**, temporales o permanentes, son interesantes como espacios de caza para los murciélagos, en especial con heterogeneidad de especies herbáceas, arbustivas y subarbóreas.

Escala de paisaje

- Establecer una **red de zonas refugio** que aseguren y potencien la conservación de poblaciones de murciélagos arborícolas. Pueden combinarse tres escalas espaciales:
 - 1) **grupos de árboles-refugio** repartidos a distancias de decenas de metros,
 - 2) **rodales maduros** de más de una hasta decenas de hectáreas y
 - 3) **bosques maduros** del orden de 100 o más hectáreas, donde puedan acontecer las distintas fases del ciclo silvogenético distribuidas por el bosque.
- Se considera que podría destinarse entre un 3 y un 5% de la superficie forestal de una región como reserva de rodales o bosques maduros a evolución libre.
- Los bosques maduros reservados y rodales con abundancia de refugios para murciélagos deben estar emplazados **en distintas estaciones ecológicas**, no limitados a zonas sin interés maderero o de difícil acceso. Los rodales que componen la red deben estar **suficientemente cercanos**, del orden de centenares de metros a pocos kilómetros de distancia. Por ejemplo, los fondos de valle suelen mantener condiciones microclimáticas más templadas y, por ello, son más adecuados para las colonias de hembras en cría. Por el contrario, zonas umbrías y frescas pueden ser más adecuadas para mantener el torpor durante la invernada.
- Los **paisajes en mosaico** agroforestal o silvopastoral con proximidad de puntos o cursos de agua y bosques de ribera favorecen las oportunidades de encontrar buenos hábitats de refugio, alimentación y bebida.

- Debe evitarse, sin embargo, la **excesiva atomización del bosque** en pequeños fragmentos. Se consideran buenos los fragmentos con un mínimo de unas 25 ha, aunque pueden ser más pequeños si son bosques viejos, complejos, bien estratificados y con mucha cavidad en árbol.
- En una matriz agrícola o pastoral, el arbolado disperso en baja densidad (del orden de 20 a 30 árboles/ha) proporciona refugio para especies que explotan los medios abiertos.
- Restaurar los setos arbustivos y con arbolado disperso o dispuesto en franjas a lo largo de los márgenes de cultivos y pastos, para así favorecer a las especies presa.
- Los **bosques de ribera** constituyen hábitats que se deben preservar y restaurar de forma prioritaria, tanto en las llanuras aluviales como en las cabeceras, debido a su gran interés como refugio, espacios de caza y conectores entre poblaciones de murciélagos.
- Los **sistemas silvopastorales (dehesas)**, con grandes árboles en bajas densidades, son espacios de caza y refugio interesantes para los murciélagos arborícolas.
- Procurar la existencia de una **red de puntos de agua** cercanos a las colonias de cría, a una distancia del orden de decenas a pocos centenares de metros.
 - Mantener, restaurar o ubicar nuevos puntos de agua calma, poco eutrofizada y sin demasiados hidrófitos en superficie, por ejemplo, simples charcas o depósitos de agua cercanos a las colonias de quirópteros.
- A lo largo de los **caminos forestales** y **masas de agua**, procurar el mantenimiento de árboles-refugio. En su ausencia pueden instalarse cajas-refugio.
- A lo largo de los **ecotonos**, potenciar las orlas arbustivas y de mezcla arbolada de varios metros de ancho.
- **Edificios, puentes, minas y cuevas** diseminados por el paisaje pueden proporcionar refugios alternativos a los árboles, especialmente para el apareamiento y la invernada. Proporcionar refugios en la rehabilitación de bordas de montaña y otros edificios rurales.
- Evitar la instalación de **parques eólicos** en sus rutas migratorias y en las cercanías de las colonias. En las **carreteras**, especialmente las vías rápidas, instalar pasos en las rutas frecuentadas por los murciélagos en sus desplazamientos a larga distancia.
- Evitar el uso de **productos fitosanitarios químicos en los sistemas forestales** y minimizarlo en los agrícolas. Incentivar las prácticas silvícolas, pastorales y agrícolas ecológicamente sostenibles, entre ellas la agricultura ecológica y la permacultura. Procurar **cargas ganaderas** dentro de la capacidad de carga del medio, a fin de favorecer la diversidad estructural de herbáceas y arbustivas de los pastos.

Cuadro 4. ¿Qué hacemos si encontramos un murciélago?

- Es muy importante que siempre que se encuentre uno o más murciélagos heridos en el bosque se siga el protocolo establecido para cada comunidad autónoma. Se puede dar aviso a los agentes forestales de la zona para que puedan saber cómo actuar según cada situación.
- Si es de noche y el murciélago se encuentra volando por un habitáculo, lo mejor que podemos hacer es cerrar la puerta de la habitación en la que se encuentre y abrir ventanas y cortinas. Luego, salir de la habitación y esperar a que él mismo encuentre la salida.
- En caso de que se quede quieto o lo encontremos de día parado en la pared o en el techo, lo más indicado sería capturarlo mediante una caja de cartón o un frasco y una cartulina, o bien con las manos protegidas por guantes de cuero. Una vez atrapado, mantenerlo en la caja, con ventilación y en un lugar fresco y tranquilo. Liberarlo por la noche en alguna rama, tronco, pared o piedra en altura.
- Si lo encontramos en el suelo fuera de casa, convendría alzarlo hasta un lugar más seguro, como un árbol alto o un ramaje denso donde pueda esconderse, trepar o volar hacia cavidades cercanas.
- Nunca deben cogerse los murciélagos con las manos sin guantes de protección, en especial especies de tamaño mediano o grande.
- Se puede consultar, al respecto, el proyecto SOS murciélagos (Museu de Granollers) (<http://www.museugranollersciencies.org/es/quiropsters/>) o a la SECEMU (Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos).

Agradecimientos

La Fundación Biodiversidad ayudó en la toma de datos en campo y la elaboración de parte de la información de base para la redacción de este manual, a partir de las ayudas en régimen de concurrencia competitiva, para la realización de actividades en el ámbito de la biodiversidad terrestre, marina y litoral, el cambio climático y la calidad ambiental del año 2015. El Ministerio para la Transición Ecológica, a través de Ricardo Gómez, jefe del Servicio de Vida Silvestre de la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental, proporcionó los recursos necesarios para la publicación de este manual.

Nuestro agradecimiento a todas instituciones y personas que han trabajado o han prestado su ayuda en los estudios y proyectos de murciélagos forestales, especialmente al Servei de Fauna i Flora del Departament de Territori i Sostenibilitat y a la Direcció General d'Ecosistemes Forestals y Gestió del Medi del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya; al CTFC, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya; a SARGA, Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental; a la Universidad Pública de Navarra; a la Universidad del País Vasco; a la Universidad de Alcalá de Henares; a la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya y a la Estación Biológica de Doñana, así como a la SECEMU, Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos.

Un reconocimiento especial a Marie-Jo Dubourg-Savage del Groupe Chiroptères de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, por la revisión del texto, y por su colaboración en la fase de la toma de datos. A todas las personas que nos han acompañado a lo largo de los años en el estudio y conservación de los murciélagos: Joxerra Aihartza, Fermín Amadoz, Jordi Bas, Emili Bassols, Gerard Berengueras, Ferran Broto, Martí Camprodon, Guillem Casbas, Pere Cortinas, Esther Fanlo, Carles Flaquer, Núria Fontova, Anna Gallés, Inazio Garin, Marc Garriga, Marc Gómez, Marc López, Sergio López, Adrià López-Baucells, Iñaki Martínez, Maria Mas, Jesús Nogueras, Jordi Palau, Santi Palazón, Magda Pla, Xavier Puig, Pere Rovira, Jordi Ruiz-Olmo, Jaume Soler-Zurita, Fermí Sort, Àngel Torrent, Laura Torrent y Judit Varela.

Glosario

Para la elaboración de este glosario se han utilizado distintas fuentes, entre las que destacan la *Terminología Forestal* del Centre de la Propietat Forestal, el *Glosario Técnico Forestal* de la Sociedad Española de Ciencias Forestales y Terradas (2001).

Aclareo sucesivo. Modalidad de corta de regeneración que genera y mantiene masas regulares, en las que el periodo de regeneración equivale a una clase artificial de edad o a la cuarta parte del turno. Sobre el tramo de regeneración se practican, sucesivamente, cortas preparatorias, cortas diseminatorias y cortas secundarias, compuestas de cortas aclaratorias y corta final. En el espacio puede realizarse de forma uniforme, por bosquetes, por cuñas o por fajas.

Aerial hawking. Término inglés que designa la caza al vuelo de los murciélagos insectívoros.

Árbol-refugio. Árbol con cavidades utilizadas por quirópteros como refugio diurno o nocturno.

Árbol de reserva. Árbol que se excluye de la corta para favorecer la biodiversidad. Se selecciona entre los árboles que presenten cavidades o que puedan formarlas en un futuro. Si este árbol acoge murciélagos pasa a ser un árbol-refugio.

Árbol padre (o madre). El que se deja en el monte sin cortar para que disemine las semillas, contribuyendo a la regeneración natural.

Árbol semillero. Árbol seleccionado para la recolección de semillas.

Arborícola. Especie de murciélago que utiliza de forma preferente refugios en árbol, principalmente cavidades en tronco o ramas gruesas, si bien alguna especie puede refugiarse bajo hojas, especialmente en los trópicos. Otras denominaciones que pueden hallarse en la literatura especializada son especie cavícola o especialista forestal.

Bosque maduro. Se caracteriza por la dominancia de árboles de edad avanzada, con pies cercanos al límite impuesto por su longevidad. Suele traducirse en un elevado número de pies de grandes dimensiones, árboles senescentes y madera muerta en cantidad importante. Otras características que lo definen son su dinámica natural de regeneración mediante perturbaciones de baja intensidad y la ausencia de intervenciones antrópicas de importancia, por lo menos en muchas décadas o siglos.

Bosquete. Tipo de irregularidad de una masa arbolada que ocupa una superficie discreta formada por árboles de la misma edad o características similares. Madrigal (2003) distingue entre bosquetes pequeños (1.000-5.000 m², 35-80 m de diámetro), bosquetes medianos (5.000-10.000 m², 80-110 m de diámetro) y bosquetes grandes (1-5 ha).

Calidad de estación. Capacidad productiva de un lugar frente a una determinada especie forestal y tipo de producto.

Cavidad. Espacio hueco y hondo en un sustrato natural o artificial (roca, árbol, edificio, etc.), abierto al exterior por una o varias bocas de entrada, apto para el refugio de quirópteros. En el caso de cavidad en árbol, consta de un pequeño orificio o grieta de entrada.

Cavernícola. Se aplica a las especies de murciélagos que utilizan de forma preferente refugios subterráneos como cuevas y minas abandonadas. Otra denominación que puede hallarse en la literatura especializada es troglófilo.

Chirpial. Planta procedente de un brote de cepa o raíz. Vástago nacido de una yema adventicia o durmiente cerca de la base de una planta leñosa que ha sido cortada.

Ciclo anual. En zonas templadas, los murciélagos hembras se agrupan para la cría a lo largo de la primavera formando colonias en las que los machos están mayoritariamente ausentes. Los partos, generalmente de una sola cría, tienen lugar desde finales de mayo hasta bien entrado julio, dependiendo del clima local y de la especie. Tras un periodo de lactancia aproximado de un mes y medio de duración, las crías alcanzan el tamaño de los adultos y comienzan a volar e independizarse. Al finalizar el verano y en el comienzo del otoño se inicia el periodo de celo y los apareamientos; a este le sigue una fase de acumulación de grasa que constituirá la reserva de energía que asegura la viabilidad de una hibernación que puede durar hasta 5 meses en lugares fríos. Al finalizar la hibernación, al principio de la primavera, se reactiva el ciclo reproductivo de las hembras.

Ciclo silvogenético. Es el ciclo de la evolución de un bosque en dinámica a evolución libre o natural. Se distinguen distintas fases temporales en función del temperamento de las especies que lo componen. En masas irregulares con mezcla pie a pie o por pequeños grupos de clases de edad o especies tolerantes a la sombra, la regeneración se lleva a cabo de forma difusa. En estructuras regulares, donde suele acabar dominado una sola especie, se realiza por apertura de huecos y se distinguen 5 fases: rejuvenecimiento, inicial, óptima, terminal y declive.

Clara. Corta que se efectúa en un rodal regular, en estado de latizal o fustal, con el objetivo de mejorar la estabilidad y calidad de la masa, eliminando los pies peor conformados, obteniendo productos maderables, controlando la composición específica y favoreciendo el crecimiento de los pies remanentes. Sinónimos: *raleo*, *entresaca* (en lenguaje coloquial).

Clara alta. Clara que afecta principalmente a pies del estrato dominante. Su ejecución requiere el señalamiento previo de pies de porvenir, que serán favorecidos. Sinónimo: *clara por lo alto*.

Clara baja. Clara que afecta principalmente a pies del estrato dominado. Sinónimo: *clara por lo bajo*.

Clara mixta. Clara que afecta del mismo modo a pies del estrato dominante y a pies del estrato dominado.

Clara selectiva. Clara efectuada eligiendo los árboles que se desea cortar, de acuerdo con un determinado criterio. Sinónimo: *clara de selección*.

Clareo. Corta que se efectúa en un rodal regular, en estado de repoblado o monte bravo, con el objetivo de mejorar la estabilidad de la masa, sin obtener productos maderables, controlando la composición específica y favoreciendo el crecimiento de los pies remanentes.

Clase diamétrica. Intervalos establecidos para la medida de diámetros normales. Normalmente, en intervalos de 5 cm. Así, la clase 20 cm se refiere a árboles con diámetros normales comprendidos entre 17,5 cm y 22,5 cm.

Clases naturales de edad. Cada uno de los estados de desarrollo de un árbol. Se aplica también a conjuntos, en los cuales existe cierta uniformidad morfológica y funcional. Por orden, son: di-seminado, repoblado, monte bravo, latizal bajo, latizal alto, fustal bajo, fustal medio y fustal alto.

Corta a hecho. Se aplica a determinadas cortas de regeneración, a los desbroces y a las preparaciones del suelo para la repoblación.

Corta aclaratoria. Una de las cortas realizadas en el aclareo sucesivo uniforme para ir extrayendo los restos de la masa vieja, que pudiera retrasar el desarrollo del regenerado.

Corta de mejora. Corta cuyo objetivo no es la regeneración del rodal, sino mejorar algún aspecto (composición, crecimiento, estabilidad, sanidad) de la masa. Sinónimo: *corta intermedia*.

Corta de regeneración. Corta cuyo objetivo es la regeneración del rodal que se está tratando. Comprende las cortas continuas, semicontinuas y discontinuas.

Corta diseminatoria. Una de las cortas realizadas después de las preparatorias y antes de las secundarias, en el método de aclareo sucesivo uniforme. En ella se busca que se produzca la diseminación natural.

Corta final. La última que se realiza en el rodal, una vez conseguida la regeneración natural, en el aclareo sucesivo uniforme.

Corta por fajas. Corta de regeneración mediante zonas largas y estrechas, replanteadas dentro de un rodal o unidad de ordenación.

Corta preparatoria. La que primero se realiza en el rodal, en el aclareo sucesivo uniforme, para eliminar los árboles decadentes y menos valiosos, a fin de facilitar la entrada de luz a través del dosel.

Densidad arbolada o arbórea. Número de árboles por unidad de superficie, normalmente expresada como número de árboles o pies por hectárea (ha).

Diámetro de corta. Diámetro normal en el que se cortan los árboles. Debe distinguirse del diámetro de cortabilidad, que señala el límite superior de la distribución diamétrica de una masa irregular, y a partir del cual todos los árboles deben ser aprovechados.

Diámetro normal. Diámetro a la altura del pecho, que corresponde convencionalmente a 1,3 m de altura de la base del árbol.

Dinámica natural o libre. Dinámica que ha estado libre de tratamientos silvícolas durante, por lo menos, los últimos 50 años o donde solo se han producido intervenciones ligeras o puntuales.

Ecolocación, ecolocalización. Capacidad de algunos animales, entre ellos los quirópteros, de conocer su entorno por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen debido a ellos.

Ecotono. Transición entre dos comunidades vegetales que muestran un cambio en la dominancia. Pueden estar formados por una mezcla de especies que se encuentran en las comunidades adyacentes o bien estar caracterizadas por una única especie o grupo de especies que no se encuentran en las comunidades vecinas.

Entresaca. Véase *clara*.

Estaca. Árbol muerto en pie que ha perdido todas o la mayor parte de sus ramas. A medida que se descompone pierde, asimismo, su corteza y va despuntándose. En inglés, snag.

Estación ecológica. Territorio en el que no cambian de forma importante los factores ecológicos abióticos.

Fisión-fusión. Sistema de organización social de algunos vertebrados entre los que se encuentran muchos murciélagos forestales. Una colonia de quirópteros no ocupa la misma cavidad simultáneamente, sino que en cada momento las hembras de la colonia se reparten en grupos, que ocupan diferentes refugios, distantes entre sí decenas o centenas de metros. Estos grupos cambian de composición y de refugio cada pocos días. De este modo, la colonia, en su conjunto, ocupa una red de refugios en un área limitada, a la que son fieles año tras año.

Fisurícola. Especie de murciélago que utiliza de forma preferente refugios en grietas o fisuras de rocas, cuevas, minas o edificios.

Fracción de cabida cubierta (FCC). Parte de la superficie del rodal que está cubierta por las copas de los pies de la masa. Se cuantifican los recubrimientos múltiples. Se expresa indistintamente en tanto por ciento o en tanto por uno. Es uno de los índices de espesura más habituales.

Fragmentación. Proceso de cambio en el cual se producen discontinuidades en los hábitats; lo que era originalmente una superficie continua de vegetación se transforma en un conjunto de fragmentos desconectados y aislados entre sí por una matriz con propiedades diferentes a la del hábitat original. La pérdida de hábitat siempre acompaña la fragmentación del paisaje; sin embargo, son fenómenos diferentes que deben ser discriminados. Algunos autores (por ejemplo, Fahrig, 2003) abogan por una clara distinción entre la pérdida de hábitat original y la alteración de la configuración espacial de los hábitats remanentes (por ejemplo, incremento en el grado de subdivisión), que denominan fragmentación *per se*. Concretamente, la fragmentación provocaría un incremento del riesgo de extinción local en especies animales y vegetales,

Fustal. Una de las clases naturales de edad del arbolado, que se inicia cuando el diámetro supera los 20 cm y se mantiene hasta el final de la vida de la masa o del pie.

Gestión forestal sostenible. Organización, administración y uso de los montes de una manera y con una intensidad tales que permitan mantener la biodiversidad, la productividad, la vitalidad, la potencialidad y la capacidad de regeneración, para atender ahora y en el futuro las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes a escala local, nacional y global sin producir daños a otros ecosistemas.

Gleaning. Término inglés que designa la estrategia de caza de invertebrados sobre superficies, tales como suelo, rocas, troncos u hojas por parte de los murciélagos.

Hibernación. Capacidad de los murciélagos y otros animales para adaptarse a condiciones climáticas extremadamente frías y a la escasez de alimento. Puede asemejarse a un estado de hipotermia regulada durante algunos días, semanas o meses, lo cual les permite conservar su energía durante el invierno. Durante la hibernación, el metabolismo de los animales decrece hasta un nivel muy bajo, además de tener una temperatura corporal próxima a la del ambiente y una frecuencia respiratoria inferior a lo normal; entran en lo que se conoce como estado de sopor o torpor. Durante este periodo utilizan las reservas energéticas almacenadas en sus cuerpos durante los meses más cálidos.

Latizal. Una de las clases naturales de edad del arbolado, que comienza cuando se inicia la poda natural y se mantiene hasta que el diámetro alcanza los 20 cm. Comprende dos subclases: latizal bajo y latizal alto.

Masa irregular. Aquella que se da en los casos en que al menos el 90% de los árboles pertenece a tres clases artificiales de edad cíclicamente contiguas o más de tres clases de edad.

Masa regular. Aquella en la que por lo menos el 90% de los árboles pertenecen a una misma clase artificial de edad.

Masa semirregular. Tipo de masa que se da en los casos en que al menos el 90% de los árboles pertenecen a dos clases artificiales de edad consecutivas.

Migraciones a cortas distancias. Migraciones entre refugios de verano y de hibernación.

Migraciones a largas distancias. Movimientos estacionales de los murciélagos que superan el millar de kilómetros; en el caso europeo, entre el centro y el norte de Europa, donde crían, y los países mediterráneos, donde hibernan.

Migrador ocasional. Se aplica a la población de murciélagos que no migra de forma regular, sino atendiendo a factores ambientales adversos excepcionales.

Monte alto. Masa donde los árboles provienen de semilla. Como norma general, se establece que al menos el 80% de los pies se regeneren o procedan de semilla.

Monte bajo: Masa que proviene de rebrote. Como norma general se establece que al menos el 80% de los pies procedan de rebrote.

Monte medio. Masa compuesta por árboles que han nacido de semilla y árboles procedentes de rebrote (de cepa y de raíz).

Mosaico de hábitats. Situación en la que distintas comunidades vegetales aparecen parceladas en distintas teselas o manchas de tamaño y disposición irregulares, producida bien como reflejo de una heterogeneidad ambiental o como consecuencia de una diferente historia de perturbaciones.

Nicho ecológico. Función o papel de una especie o población en un ecosistema. Incluye todos los factores bióticos, abióticos y antrópicos con los que el organismo se relaciona.

Patagio. Membrana alar que une las extremidades de los murciélagos como adaptación al vuelo. La parte comprendida entre las extremidades posteriores, y que incluye la cola, se denomina uropatagio. Se halla surcada de vasos sanguíneos, nervios, células sensoriales, músculos y ligamentos. Debe mantenerse húmedo y elástico, lo cual explicaría en buena medida la actividad nocturna de los quirópteros.

Periodo de regeneración. En cortas por aclareo sucesivo uniforme, plazo de tiempo en el cual se producen las cortas de regeneración en el tramo correspondiente o tramo en destino, hasta la consecución de un repoblado que garantice la persistencia de la masa. Se aplican cortas preparatorias, cortas diseminatorias y cortas secundarias.

Periodo de rotación: Años que transcurren entre dos cortas de selección.

Regeneración. Renovación de una masa arbórea por cualquier procedimiento. Asimismo, la masa así creada. La regeneración puede ser artificial, si se debe a siembra o plantación, o natural, si se produce por medios naturales.

Residente. Se aplica a la población que habita una región de forma permanente o durante una fase de su ciclo vital anual.

Rodal. Espacio forestal de superficie variable en el que hay constancia de características de estación y de masa, y que puede tener un tratamiento uniforme en la medida que tenga una función preferente. Se usa también como equivalente de masa forestal de extensión limitada.

Sedentario. Se aplica a la población de reside todo el año en una región.

Silvicultura. Conjunto de técnicas, desde el punto de vista teórico y práctico, que tratan de la conservación, la mejora, el aprovechamiento y la regeneración o, en su caso, la reconstrucción de las masas forestales para satisfacer las diversas necesidades de la sociedad, de forma continuada o sostenible. Sinónimo: *selvicultura*.

Silvicultura cercana a la naturaleza o cercana al árbol. Se inspira en las estructuras y los procesos ecológicos que se producen en los bosques de una región específica. Este principio se puede utilizar para conseguir todo tipo de objetivos, incluyendo la producción de madera, la protección de la naturaleza y los valores sociales. Los objetivos de la gestión cercana a la naturaleza son obtener unos mejores rendimientos en la producción, al tiempo que se garantiza la funcionalidad del sistema forestal. Los medios para conseguirlo son la observación de la dinámica natural del propio bosque y la propuesta de métodos silvícolas que se adapten lo mejor posible a la estación ecológica, con una gran libertad para aplicar diferentes tipos de cortas.

Swarming. Término tomado del inglés que representa los vuelos de los murciélagos previos a los emparejamientos en las proximidades de algunos refugios, que de alguna manera se asemejan a los de los enjambres de los insectos sociales. Podría traducirse como enjambres o *enjambromiento*.

Tasa metabólica. Tasa promedio de utilización de energía del animal durante la realización de las actividades normales, que pueden abarcar desde la inactividad completa de los periodos de reposo hasta los ejercicios máximos. Es la que mejor describe la tasa metabólica de un animal en la naturaleza.

Temperamento. Conjunto de características de una especie en respuesta a los distintos agentes externos que sobre ella actúan. En silvicultura se aplica en relación con la exigencia y tolerancia de las especies leñosas a la insolación directa en las primeras edades de las plantas para mantener un desarrollo normal. Según el temperamento, las especies se clasifican en: de luz, robustas o intolerantes; de media luz; de media sombra; de sombra, delicadas o tolerantes.

Torpor (o letargo). Estado fisiológico caracterizado por una gran disminución de la actividad en un animal, evidenciado generalmente por una temperatura corporal y tasa metabólica reducida.

Trago. En los vespertilionidos, estructura frente al pabellón auricular que participa en el filtrado direccional de los ecos y facilita, de este modo, la determinación de su procedencia. Su forma es, a menudo, un carácter morfológico diagnóstico de ayuda para la determinación de especies.

Turno. En la ordenación de las masas arboladas regulares, número planificado de años entre la regeneración de una masa y su corta final. Pueden distinguirse distintos criterios:

- Criterio físico o biológico: el turno corresponde a la longevidad natural de la especie arbórea en la estación considerada. Debe favorecerse la optimización de las utilidades no productoras de los montes arbolados.
- Criterio tecnológico: el turno se fija por la demanda de unas características dimensionales del árbol (diámetro, altura, etc.) por parte del mercado.
- Criterio de máxima renta en especie: el turno maximiza la producción en volumen y corresponde al valor máximo del crecimiento medio. Edad en la que la curva de evolución del crecimiento corriente anual se interseca con el crecimiento medio.

Uropatagio. Véase *patagio*.

Bibliografía

- Adams, M. D.; Law, B. S.; French, K. O. 2009. Vegetation structure influences the vertical stratification of open- and edge-space aerial-foraging bats in harvested forests. *Forest Ecology and Management*, 258: 2090-2100.
- Adriaensen, F.; Chardon, J. P.; De Blust, G.; Swinnen, E.; Villalba, S.; Gulinck, H. Matthysen, E. 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 64: 233-247.
- Aellen, V. 1962. Le baguement des chauves-souris au col de Bretolet (Valais). *Arch. Sci. Genève*, 14: 365-392.
- Aellen, V. 1984. Migrations de chauves-souris en Suisse. Note complémentaire. *Myotis*, 21-22: 185-189.
- Agirre-Mendi, P. T. 1996. Presencia de tres nuevas especies de mamíferos silvestres (Clase Mammalia, subtipo Vertebrata) en la comunidad autónoma de La Rioja. *Zubia*, 14: 9-21.
- Agirre-Mendi, P. T.; García-Mudarra, J. L.; Juste, J.; Ibáñez, C. 2004. Presence of *Myotis al-cathoe* Helversen and Heller, 2001 (Chiroptera: Vespertilionidae) in the Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, 6: 49-57.
- Agirre-Mendi, P. T.; Ibáñez, C. 2012. Primeros datos sobre la distribución de *Myotis* cf. *natte-ri* y *Myotis escalerai* Cabrera, 1904 (Chiroptera: Vespertilionidae) en la Comunidad Autónoma de La Rioja. *Barbastella*, 5 (1): 7-10.
- Aihartza, J.; Garin, I.; Goiti, U.; Zabala J.; Zuberogoitia, I. 2009. Spring habitat selection by the Mediterranean Horseshoe Bat (*Rhinolophus euryale*) in the Urdaibai Biosphere Reserve (Basque Country). *Mammalia*, 67(1): 25-32. DOI:10.1515/mamm.2003.67.1.25.
- Aizpurua, O.; Budinski, I.; Georgiakakis, P.; Gopalakrishnan, S.; Ibáñez, C.; Mata, V.; Rebelo, H.; Russo, D.; Szodoray-Parádi, F.; Zhelyazkova, V.; Zrnčić, V.; Gilbert, M. T. P.; Alberdi, A. 2018. Agriculture shapes the trophic niche of a bat preying on multiple pest arthropods across Europe: evidence from DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 2 (3): 815-825.
- Alatalo, R.; Carlson, A.; Lundberg, A. 1988. Nest cavity size and clutch size of pied flycatchers *Ficedula hypoleuca* breeding in natural tree-holes. *Ornis Scandinavica*, 19: 317-319.
- Alcalde, J. T. 1999. New ecological data on the noctule bat (*Nyctalus noctula* Schreber, 1774) (Chiroptera, Vespertilionidae) in two towns of Spain. *Mammalia*, 63: 273-280.
- Alcalde, J. T. 2002. *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774). Nóctulo mediano. En: Palomo, L. J.; Gisbert, J. (eds.). *Atlas y libro rojo de los mamíferos de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. Pp. 198-201.
- Alcalde, J. T. 2006. Conservación de las colonias españolas de nóctulo mediano. *Quercus*, 247: 24-30.
- Alcalde, J. T. 2007. *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774). En: Palomo, L. J.; Gisbert, J.; Blanco, J. C. (eds.). *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. 586 pp. Pp. 228-232.

Alcalde, J. T. 2010. *Myotis alcaethoe* (Helvesen & Heller, 2001) y *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825), nuevas especies de quirópteros para Navarra. *Munibe (Ciencias Naturales - Natur Zientziak)*, 57: 225-236.

Alcalde, J. T. 2017. Nóctulo mediano – *Nyctalus noctula*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles.

Alcalde, J. T.; Campion, D.; Fabo, J.; Marín, F.; Artázcoz, A.; Martínez, I.; Antón, I. 2013a. Occupancy of bat-boxes in Navarra. *Barbastella* 6 (1): 34-43.

Alcalde, J. T.; Ibáñez, C.; Antón, I.; Nyssen, P. 2013b. First case of migration of a Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) between Spain and Belgium. *Le Rhinolophe*, 19: 87-88.

Alcalde, J.; Juste, J.; Paunović, M. 2016. *Nyctalus lasiopterus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T14918A22015318.en>.

Alcalde, J. T.; Martínez, I. 2016. Ocupación de cajas-refugio por murciélagos en el parque de Salburua (Vitoria-Gasteiz). *Galemys*, 28: 23-30. DOI: 10.7325/Galemys.2016.A3.

Alcalde, J. T.; Sáez, J. 2004. First data on bat mortality in wind farms of Navarra (Northern Iberian Peninsula). *Le Rinolophe*, 17: 1-5.

Alcalde, J. T.; Trujillo, D.; Artázcoz, A.; Agirre-Mendi, P. T. 2008. Distribución y estado de conservación de los quirópteros en Aragón. *Graellsia*, 64 (1): 3-16. Almenar, D.; Aihartza, J.; Goiti, U.; Salsamendi, E.; Garin, I. 2008. Diet and prey selection in the trawling long-fingered bat. *Journal of Zoology*, 274(4): 340-348.

Almenar, D.; Aihartza, J.; Goiti, U.; Salsamendi, E.; Garin, I. 2013. Hierarchical patch choice by an insectivorous bat through prey availability components. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 67: 311-320.

Altringham, J. D. 1996. *Bats: Biology and Behaviour*. Oxford University Press, Inc., New York, 262 pp.

Amelon, S. K.; Dalton, D. C.; Millspaugh, J. J.; Wolf, S. A. 2009. Radiotelemetry; techniques and analysis. En: Kunz, T. H.; Parsons, S. (eds.). *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. 2nd ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 901 pp.

Arnett, E. B.; Hayes, J. P. 2003. Bat use of roosting boxes installed under flat-bottom bridges in western Oregon. *Wildlife Society Bulletin*, 28: 890-894.

Arrizabalaga-Escudero, A.; Napal, M.; Aihartza, J.; Garin, I.; Alberdi, A.; Salsamendi, E. 2014. Can pinewoods provide habitat for a deciduous forest specialist? A two-scale approach to the habitat selection of Bechstein's bat. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 79 (2): 117-122.

Arthur L.; Lemaire M. 1999. *Les chauves-souris maitresses de la nuit*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, Switzerland.

Baagøe, H. J. 2001. *Myotis bechsteinii*- Bechstein fledermaus. En: Niethammer, J.; Krapp, F. (eds.). *Handbuch der Säugetiere Europas*. Aula-Verlag. Pp. 443-472.

- Bartonička, T.; Řehák, Z. 2007. Influence of the microclimate of bat boxes on their occupation by the soprano pipistrelle *Pipistrellus pygmaeus*: possible cause of roost switching. *Acta Chiropterol.*, 9 (2): 517-526. DOI:10.3161/1733-5329(2007)9[517:IOTMOB]2.0.CO;2.
- Bazzaz, F. A. 1975. Plant diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, 56 (2): 485-488.
- Begehold, H.; Rzanny, M.; Flade, M. 2015. Forest development phases as an integrating tool to describe habitat preferences of breeding birds in lowland beech forests. *Journal of Ornithology*, 156 (1): 19-29.
- Bennett, A. F.; Lumsden, L. F.; Nicholls, A. O. 1994. Tree hollows as a resource for wildlife in remnant woodlands: spatial and temporal patterns across the northern plains of Victoria, Australia. *Pacific Conservation Biology*, 1 (3): 222-235.
- Benzal, J. 1991. Population dynamics of the Brown-Long Eared Bat (*Plecotus auritus*) occupying bird boxes in a pine forest plantation in Central Spain. *Netherland Journal of Zoology*, 41: 241-249.
- Benzal, J.; Paz, Ó. de.; Gisbert, J. 1991. Los murciélagos de la Península Ibérica y Baleares. Patrones biogeográficos de su distribución. En: Benzal, J.; Paz, Ó. de (eds.). *Los murciélagos de España y Portugal*. ICONA, Madrid. Pp. 37-92.
- Bergeron, Y.; Harvey, B. 1997. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec. *Forest Ecology and Management*, 92 (1-3): 235-242.
- Bodin J. 2011. *Les chauves-souris de Midi-Pyrénées: répartition, écologie, conservation*. Conservatoire Régional des Espaces Naturels de Midi-Pyrénées – Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées, Toulouse. 256 pp.
- Boonman, M. 2000. Roost selection by noctules (*Nyctalus noctula*) and Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). *Zool. Lond.*, 251: 385-389.
- Boonman, M. 2011. Factors determining the use of culverts underneath highways and railway tracks by bats in lowland areas. *Lutra*, 54: 3-16.
- Boye, P.; Dietz, M.; Weber, M. 1999. *Fledermäuse und Fledermausschutz in Deutschland. Bats and Bat Conservation in Germany*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Brang, P.; Spathelf, P.; Larsen, J. B.; Bauhus, J.; Boncina, A.; Chauvin, C.; Drössler, L.; García-Guemes, C.; Heiri, C.; Kerr, G.; Lexer, M. J.; Mason, B.; Mohren, F.; Mühlethaler, U.; Nocentini, S.; Svoboda, M. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, 87(4): 492-503.
- Brigham, R. M. 1988. Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% "rule" of radio-telemetry. *Journal of Mammalogy*, 69 (2), 379-382.
- Cabrera, A. 1914. *Fauna Ibérica. Mamíferos*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Campbell, L. A.; Hallett, J. C.; O'Connell, M. A. 1996. Conservation of Bats in Managed Forests: Use of Roosts by *Lasionycteris noctivagans*. *Journal of Mammalogy*, 77 (4): 976-984.

Campbell, S.; Lumsden, L. F.; Kirkwood, R.; Coulson, G. 2005. Day roost selection by female little forest bats (*Vespardelus vulturnus*) within remnant woodland on Phillip Island, Victoria. *Wildlife Research*, 32: 183-191.

Camprodon, J. 2007. Tratamientos forestales y conservación de la fauna vertebrada. En: Camprodon, J.; Plana, E. (eds.). *Conservación de la biodiversidad, fauna vertebrada y gestión forestal*. Edicions Universitat de Barcelona. Pp. 173-227.

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. 223 pp.

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*. Edicions Universitat de Barcelona. Pp 391-434.

Camprodon, J.; Guixé, D. 2007. *Ecologia i conservació dels quiròpters forestals*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. *Capítol I: La comunitat de ratpenats a les fagedes (2006 i 2007). Capítol II: La comunitat de ratpenats a les pinedes de pi negre*. Inédito.

Camprodon, J.; Guixé, D. 2008. *Ecologia i conservació dels quiròpters forestals*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. *Control de refugis i captures en fagedes i pinedes de pi negre, ecolocalització i instal·lació de refugis en rouredes*. Inédito.

Camprodon, J.; Guixé, D. 2013. Population status, roost selection and spatial ecology of the Greater Noctule Bat (*Nyctalus lasiopterus*) and the Common Noctule (*Nyctalus noctula*) in Catalonia. *Barbastella*, 6 (1): 51-59.

Camprodon, J.; Guixé, D. (eds.). 2016. *Conservation of Mediterranean yew forests. A best practice handbook*. Forest Science Centre of Catalonia. Solsona. 142 pp.

Camprodon, J.; Guixé, D.; Flaquer, C. 2009. Efecto de la gestión forestal sobre los quirópteros en hayedos de Cataluña. *Galemys*, 21: 195-215.

Camprodon, J.; Guixé, D.; Sazatornil, V. 2018. *Manual de caracterización y conservación de los bosques singulares de pino laricio*. Life+ PINASSA. Edita: Centre de la Propietat Forestal. 80 pp.

Camprodon, J.; Guixé, J.; Soler-Zurita, J. 2012. *Manuales de gestió d'hàbitats. Espais urbans. Manual de gestió d'hàbitats per a la fauna vertebrada*. Diputació de Barcelona y Obra Social "La Caixa". Barcelona. 249 pp.

Camprodon, J.; Salvanyà, J.; Soler-Zurita, J. 2008. The abundance and suitability of tree cavities and their impact on hole-nesting bird populations in beech forests of the NE Iberian Peninsula. *Acta Ornitológica*, 43 (1): 17-31.

Carlson, A.; Sandström U.; Olsson, K. 1998. Availability and use of natural tree holes by cavity nesting birds in a Swedish deciduous forest. *Ardea*, 86: 109-119.

- Castle, K. T.; Weller, T. J.; Cryan, P. M.; Hein, C. D.; Schirmacher, M. R. 2015. Using sutures to attach miniature tracking tags to small bats for multimonth movement and behavioral studies. *Ecology and evolution*, 5(14), 2980-2989.
- Charbonnier, Y.; Barbaro, L.; Theillout, A.; Jactel, H. 2014. Numerical and Functional Responses of Forest Bats to a Major Insect Pest in Pine Plantations. *PLoS ONE* 9(10): e109488. DOI:10.1371/journal.pone.0109488.
- Coroiu, I. 2016. *Myotis mystacinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14134A22052250. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T14134A22052250.en>.
- Coronado, A.; Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X.; Barthe, E.; Mas, M.; Arrizabalaga, A.; López-Baucells, A. 2017. The role of secondary trees in Mediterranean mature forests for the conservation of the forest-dwelling bat *Myotis alcathoe*. Are current logging guidelines appropriate? *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 28 (2): 240-246. DOI: <https://doi.org/10.4404/HYSTRIX-00004-2017>.
- Cowan, A. 2002. *Giving bats a good innings. European protected species with international appeal*. West Wickham, Kent.
- Cramp, S. (ed.). 1985. *Birds of the Western Palearctic: Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa*, vol. 4. Oxford University Press, Oxford. 970 pp.
- Crampton, L. H.; Barclay, R. M. 1998. Selection of roosting and foraging habitat by bats in different-aged aspen mixedwood stands. *Conservation Biology*, 12 (6), 1347-1358.
- Cranbrook, E.; Barrett, H. G. 1965. Observations on noctule bats (*Nyctalus noctula*) captured while feeding. *Proc. Zool. Soc. London*, 144: 1-24.
- Csorba, G.; Hutson, A. M. 2016. *Nyctalus noctula*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14920A22015682. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T14920A22015682.en>.
- Danko, S.; Krištin, A.; Krištofik, J. 2010. *Myotis alcathoe* in eastern Slovakia: occurrence, diet, ectoparasites and notes on its identification in the field. *Vespertilio*, 13-14: 77-91.
- Dietz, C.; Kiefer, A. 2017. *Murciélagos de Europa*. Ediciones Omega. Barcelona. 399 p.
- Dietz, M.; Pir, J. B. 2009. Distribution and habitat selection of *Myotis bechsteini* in Luxembourg: implications for forest management and conservation. *Folia Zool.*, 58 (3): 327-340.
- Dietz, M.; Von Helvesen, O.; Nill, D. 2009. *Bats of Britain, Europe and Northwest Africa*. A and C Black Ed. 400 pp.
- Dombrowski, V.; Fenchuk V.; Zhurauliou, D. 2016. New occurrence and the first breeding record of *Nyctalus lasiopterus* in Belarus. *Vespertilio*, 18: 55-59.
- Dondini, G.; Vergari, S. 2009. Harem size and male mating tactics in *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) (Chiroptera, Vespertilionidae). *Hystrix*, 20 (2): 147-154. DOI:10.4404/hystrix-20.2-4445.
- Downs, N. C.; Racey, P. A. 2006. The use by bats of habitat features in mixed farmland in Scotland. *Acta Chiropterologica*, 8: 169-185.

- Dubourg-Savage, M. J.; Bec, J.; Gaches, L. 2013. First roosts of *Nyctalus lasiopterus* breeding females in France. *Barbastella*, 6: 44-50.
- Duvergé, P. L.; Jones, G.; Rydell, J.; Ransome, R. D. 2000. Functional significance of emergence timing in bats. *Ecography*, 23 (1), 32-40.
- Estók, P. 2011. Present status of rare bat species, *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780) in Hungary. *Hystrix*, 22: 99-104.
- EUROPARC-España. 2017. *El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad*. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid. 52 pp. <http://www.redbosques.eu>.
- Eurostat. 2016. *Agriculture, forestry and fishery statistics*. 2016 edition.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.
- Fensome, A. G.; Mathews, F. 2016. Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. *Mammal Review*, 46 (4): 311-323. <http://doi.org/10.1111/mam.12072>.
- Fenton, M. B. 1989. The foraging behaviour and ecology of animal-eating bats. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 411-421.
- Fiedler, C. E.; Friederici, P.; Petruncio, M.; Denton, C.; Hacker, W. D. 2007. Managing for old growth in frequent-fire landscapes. *Ecology and Society*, 12 (2): 20. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art20>.
- Fischer, J.; Scott, J.; Law B. S. 2010. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation*, 143: 1564-1567.
- Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X. 2012. *Els Ratpenats de Catalunya. Guia de Camp*. Brau Edicions. 140 pp.
- Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X.; Burgas, A.; Russo, D. 2008. Habitat selection by Geoffroy's bats (*Myotis emarginatus*) in a rural Mediterranean landscape: implications for conservation. *Acta Chiropterologica*, 10: 61-67.
- Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X.; Fàbregas, E.; Guixé, D.; Torre, I.; Ràfols, R. G.; Páramo, F.; Camprodon, J.; Cumplido, J. M.; Ruiz-Jarillo, R.; Baucells, A. L.; Freixas, L.; Arrizabalaga, A. 2010. Revisión y aportación de datos sobre quirópteros de Catalunya: Propuesta de lista roja. *Galemys*, 22 (1): 29-61.
- Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X.; López-Baucells, A.; Torre, I.; Freixas, L.; Mas, M.; Porres, X.; Arrizabalaga, A. 2014. Could overheating turn bat boxes into death traps? *Barbastella*, 7(1): 46-53.
- Flaquer, C.; Puig-Montserrat, X.; Urtzi, G.; Vidal, F.; Curcó, A.; Russo, D. 2009. Habitat selection in Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*): the importance of wetlands. *Acta Chiropterologica*, 11 (1): 149-155.
- Flaquer, C.; Ruiz-Jarillo, R.; Torre, I.; Arrizabalaga, A. 2005. First resident population of *Pipistrellus nathusii* (Keyserling and Blasius, 1839) in the Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, 7(1): 183-188.

- Flaquer, C.; Torre, I.; Arrizabalaga, A. 2007. Selección de refugios, gestión forestal y conservación de los quirópteros forestales. En: Camprodon, J., Plana, E. (eds.). *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal: su aplicación en la fauna vertebrada*. Edicions de la Universitat de Barcelona. Pp. 469-488.
- Flaquer, C.; Torre, I.; Ruiz-Jarillo, R. 2006. The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biol. Conserv.*, 128: 223-230.
- Forestry Commission for England and Wales, Bat Conservation Trust, Countryside Council of Wales, English Nature. 2005. *Woodland management for bats*. Forestry Commission Publications. Wetherby, West Yorkshire. 16 pp.
- Fortuna, M. A.; Popa-Lisseanu, A. G.; Ibáñez, C.; Bascompte, J. 2009. The Roosting Spatial Network of a Bird-Predator Bat. *Ecology*, 90 (4): 934-944.
- Frey-Ehrenbold, A.; Bontadina, F.; Arlettaz, R.; Obrist, M. K. 2013. Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. *J. Appl. Ecol.*, 50: 252-261.
- Gaisler, J.; Hanák, V.; Dungel, J. 1979. A contribution to the population ecology of *Nyctalus noctula* (Mammalia: Chiroptera). *Acta Sc. Nat. Brno*, 13: 1-38.
- Garin, I.; Møller, J. D.; Dekker, J.; Christensen, M.; Baagøe, H. J.; Elmeros, M. 2016. *Guía para mitigar los atropellos de murciélagos*. CEDR Programa Transnacional sobre Investigación Viaria.
- Gebhard, J. 1984. *Nyctalus noctula* - Beobachtungen an einem Traditionellen Winterquartier im Fels. *Myotis*, 21-22: 163-170.
- Gebhard, J.; Bogdanowicz, W. 2004. *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) Grosser Abendsegler. *Handbuch der Säugetiere Europas*. Fledertiere II.
- Gellman, S. T.; Zielinski, W. J. 1996 Use by bats of old-growth red wood hollows on the north coast of California. *Journal of Mammalogy*, 77: 255-265.
- Gerges, M. 2011. *Evaluation of riparian forests as guidelines and feeding areas in bat migration*. Technical report. http://www.eurobats.org/sites/default/files/Final%20Project%20Report_Gerges.rev1__0.pdf.
- Gibbons, P.; Lindenmayer, D. 2002. *Tree hollows and wildlife conservation in Australia*. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia. 131 pp.
- Gilg, O. 2005. *Old-Growth Forests: characteristics, conservation and monitoring*. L'Atelier technique des espaces naturels & Réserves Naturelles de France. 52 pp.
- Goiti, U.; Aihartza, J.; Garin, I.; Zabala, J. 2005. Influence of Habitat on the Foraging Behaviour of the Mediterranean Horseshoe Bat, *Rhinolophus euryale*. *Acta Chiropterologica*, 5 (1): 75-84.
- González, F.; Alcalde, J. T.; Ibáñez, C. 2013. Directrices básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en España. SECEMU. *Barbastella*, 6 (núm. especial): 1-31.

- Gorman, G. 2004. *Woodpeckers of Europe. A study of european picidae*. Bruce Coleman. 192 pp.
- Greenaway, F.; Hill, D. A. 2004. *Woodland management advice for Bechstein's bat and barbastelle bat*, English Nature Research Report, no 658.
- Grindal, S. D.; Brigham, R. M. 1999. Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales. *Ecoscience*, 6: 25-34.
- Guixé, D.; Camprodon, J. 2009. Els quiròpters a Catalunya: noves aportacions a la seva ecologia i conservació. 2009. *Rural & Forest 10*. CTFC.
- Guixé, D.; Camprodon, J. 2011. *Accions per a espècies amenaçades. Projecte Biosilva: ecologia i conservació de quiròpters forestals*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya y Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. Informe inédito.
- Guldin, J. M.; Emmingham, W. H.; Carter, S. A.; Saugey, D. A. 2003. Silvicultural practices and management of habitat for bats. En: Zabel, C. J.; Anthony R. G. (eds.). *Mammal community dynamics in coniferous forests of western North America: management and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Hansen, A. J.; Spies, T. A.; Swanson, F. J.; Ohmann, J. L. 1991. Conserving biodiversity in managed forests. Lessons from natural forests. *BioScience*, 41: 382-392.
- Hayes, J. P. 2003. Habitat ecology and conservation of bats in western coniferous forests. En: Zabel, C. J.; Anthony R. G. (eds.). *Mammal community dynamics in coniferous forests of western North America: management and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Hayes, J. P.; Loeb, S. C. 2007. The influences of forest management on bats in North America. En: Lacky, M. J.; Hayes, J. P.; Kurta, A. (eds.). *Bats in forests. Conservation and management*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 207-235.
- Hayes, J. P.; Ober, H. K.; Sherwin, R. E. 2009. Survey and monitoring of bats. En: Kunz T. H., Parsons S. (eds.). *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. 2nd ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Pp 112-129.
- Hein, C. D.; Castleberry, S. B.; Miller, K. V. 2009. Site-occupancy of bats in relation to forested corridors. *Forest Ecology and Management*, 257: 1200-1207.
- Hermida, R. J.; Arzúa, M.; Santos, L.; Lamas, F. J. 2013. Primeros datos sobre *Myotis alcaethoe* von Helversen&Heller, 2001 en Castilla y León y primer refugio de cría localizado en el noroeste de la península Ibérica. *Barbastella*, 6 (1): 30-33.
- Hermida, R. J.; Lamas, F. J.; Graña, D. A.; Rial, S.; Cerqueira, F.; Arzúa, M.; Seage, R. 2012. Contribución al conocimiento de la distribución de los murciélagos (O. Chiroptera) en Galicia. *Galemys*, 24:13-23.
- Hernández-Brito, D.; Carrete, M.; Ibáñez, C.; Juste, J.; Tella, J. L. 2018. Nest-site competition and killing by invasive parakeets cause the decline of a threatened bat population. *R. Soc. open sci.* 5: 172477.
- Hernández-Brito, D.; Carrete, M.; Popa-Lisseanu, A. G.; Ibáñez, C.; Tella, J. L. 2014. *Crowding in the city: losing and winning competitors of an invasive bird*. *PLoS ONE*, 9 (6), e100593.

- Hibberd, B. G. (ed.). 1991. *Forestry Practice*. Forestry Commission Handbook 6. London. HMSO. ISBN 0-11-710281-4.
- Hill, D. A.; Greenaway, F. 2006. Putting Bechstein's bat on the map. Report to Mammals Trust UK.
- Hill, D. A.; Greenaway, F. 2008. Conservation of bats in British woodlands. *British Wildlife*, 19 (3): 161-169.
- Hobson, K. A.; Schieck, J. 1999. Changes in bird communities in boreal mixedwood forest: harvest and wildlife effects over 30 years. *Ecological Applications*, 9 (3): 849-863.
- Holzinger, J. 1987. *Die Vögel Baden-Württembergs*. Artenschutzprogramm Baden-Württemberg Artenhilfsprogramm. E.U. Karlsruhe. 772 pp.
- Hutson, A. M. 1993. *Action Plan for the Conservation of Bats in the United Kingdom*. The Bat Conservation Trust, The Conservation Foundation, London. 77 pp.
- Hutson, A. M.; Aulagnier, S.; Spitzenberger, F. 2008. *Myotis nattereri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T14135A4405996. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T14135A4405996.en>.
- Hutson, A. M.; Mickleburgh, S. P.; Racey, P. A. (eds.). 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 258 pp.
- Hutson, A. M.; Paunović, M. 2016. *Myotis alcathoe*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T136680A518740. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T136680A518740.en>.
- Hutson, A. M.; Spitzenberger, F.; Aulagnier, S.; Coroiu, I.; Karataş, A.; Juste, J.; Paunovic, M.; Palmeirim, J.; Benda, P. 2008. *Plecotus auritus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T17596A7154745. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T17596A7154745.en>.
- Hutterer, R.; Ivanova, T.; Meyer-Cords, C.; Rodrigues, L. 2005. *Bat migrations in Europe: a review of banding data and literature*. German Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 162 pp.
- Ibáñez, C.; García-Mudarra, J. L.; Ruedi, M.; Stadelmann, B.; Juste, J. 2006. The Iberian contribution to cryptic diversity in European bats. *Acta Chiropterologica*, 8: 277-297.
- Ibáñez, C.; Guillén, A.; Agirre-Mendi, P. T.; Juste, J.; Schreur, G.; Cordero, A. I.; Popa-Lis-seanu, A. G. 2009. Sexual Segregation in Iberian Noctule Bats. *J. Mammal.*, 90 (1): 235-224. DOI:10.1644/08-MAMM-A-037.1.
- Ibáñez, C.; Guillén, A.; Bogdanowicz, W. 2004. *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780)-Riesennabendsegler. *Handbuch der Säugetiere Europas*, 4: 695-716.
- Ibáñez, C.; Guillén, A.; Fernández, R.; Pérez, J. L.; Guerrero, S. I. 1992. Iberian distribution of some little known bat species. *Mammalia*, 56 (3): 433-444.
- Ibáñez, C.; Juste, J.; García-Mudarra, J. L.; Agirre-Mendi, P. T. 2001. Bat predation on nocturnally migrating birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (17), 9700-9702.

- Ibáñez, C.; Popa-Lisseanu, A. G.; Pastor-Beviá, D.; García-Mударra, J. L.; Juste, J. 2016. Concealed by darkness: interactions between predatory bats and nocturnally migrating songbirds illuminated by DNA sequencing. *Molecular Ecology*, 25 (20), 5254-5263.
- Jachowski, D. S.; Rota, C. T.; Dobony, C. A.; Ford, W. M.; Edwards, J. W. 2016. *Seeing the Forest through the Trees: Considering Roost-Site Selection at Multiple Spatial Scales*. *PLoS ONE*, 11 (3), e0150011. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0150011>.
- Jenkins, E. V.; Laine, T.; Morgan, S. E.; Speakman, J. R. 1998. Roost selection in the pipistrelle bat, *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae), in northeast Scotland. *Anim. Behav.*, 56: 909-917.
- Jones, G. 1995. Flight performance, echolocation and foraging behaviour in noctule bats, *Nyctalus noctula*. *J. Zool., Lond.*, 237: 303-312.
- Jones, G.; Rydell, J. 1994. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 346: 445-455.
- Jones, K. E.; Purvis, A.; Gittleman, J. L. 2003. Biological correlates of extinction risk in bats. *Am. Nat.*, 161, 601-614.
- Juste, J.; Paunović, M. 2016. *Nyctalus leisleri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14919A22016159. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T14919A22016159.en>.
- Kalcounis-Rüppell, M. C.; Brigham, R. M. 1998. Secondary use of aspen cavities by tree-roosting big brown bats. *Journal of Wildlife Management*, 62: 603-611.
- Kalcounis-Rüppell, M. C.; Psyllakis J. M.; Brigham, R. M. 2005. Tree Roost Selection by Bats: An Empirical Synthesis Using Meta-Analysis. *Wildlife Society Bulletin*, 33 (3): 1123-1132.
- Kalda, R.; Kalda, O.; Lõhmus, K.; Liira, J. 2015. Multi-scale ecology of woodland bat the role of species pool, landscape complexity and stand structure. *Biodivers. Conserv.*, 24: 337-353.
- Kaňuch, P.; Danko, Š.; Celuch, M.; Krištín, A.; Pjenčák, P.; Matis, Š.; Šmídt, J. 2008. Relating bat species presence to habitat features in natural forests of Slovakia (Central Europe). *Mammalian Biology*, 73(2): 147-155.
- Kaňuch, P.; Janeckova, K.; Kristin, A. 2005. Winter diet of the noctule bat *Nyctalus noctula*. *Folia Zoologica*, 54 (1-2): 53-60.
- Kerth, G.; Kiefer, A.; Trappmann, C.; Weishaar, M. 2003. High gene diversity at swarming sites suggest hot spots for gene flow in the endangered Bechstein's bat. *Conservation Genetics*, 4 (4), 491-499.
- Kerth, G.; Konig, B. 1999. Fission, fusion and nonrandom associations in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteini*). *Behaviour*, 136 (9): 1187-1202.
- Kerth, G.; Mayer, F.; Knig, B. 2000. Mitochondrial DNA (mtDNA) reveals that female Bechstein's bats live in closed societies. *Mol. Ecol.*, 9: 793-800.
- Kerth, G.; Wagner, M.; König, B. 2001. Roosting together, foraging apart: information transfer about food is unlikely to explain sociality in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteini*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 50: 283-291.

- Kosiński, Z.; Ksit P. 2007. Nest holes of Great Spotted Woodpeckers *Dendrocopos major* and Middle Spotted Woodpeckers *D. medius*: Do they really differ in size? *Acta Ornithol.*, 42: 45-52.
- Kraus, D.; Krumm, F. (eds.). 2013. *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. European Forest Institute, Freiburg. 284 p.
- Kronwitter, F. 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera, Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26: 23-85.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. 2004. En: Kunz, T. H. (ed.). *Ecology of bats* Springer, Boston, MA. Pp 1-55.
- Kunz, T. H.; Betke, M.; Hristov, N. I.; Vohnhof, M. J. 2009. Methods for assessing colony size, population size, and relative abundance of bats. En: Kunz, T. H.; Parsons, S. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Pp 133-157.
- Kunz, T. H.; Hodgkison, R.; Weise, C. D. 2009. Methods of capturing and handling bats. En: Kunz, T. H.; Parsons, S. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Pp 3-35.
- Kunz, T. H.; Parsons, S. 2009. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 210 pp.
- Kunz, T. H., Weise, C. D. 2009. Methods and devices for marking bats. En: Kunz, T. H., Parsons S. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Pp 36-56.
- Kusch, J.; Idelberger, S. 2005. Spatial and temporal variability of bat foraging in a western European low mountain range forest. *Mammalia mamm.*, 69 (1): 21-33.
- Kusch, J.; Weber, C.; Idelberger, S.; Koob, T. 2004. Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zoologica*, 53 (2), 113-128.
- Lentini, P. E.; Gibbons, P.; Fischer, J.; Law, B.; Hanspach, J. 2012. *Bats in a Farming Landscape Benefit from Linear Remnants and Unimproved Pastures*. *PLoS ONE*, 7 (11): e48201. DOI:10.1371/journal.pone.0048201.
- Lewis, T. 1970. Patterns of distribution of insects near a windbreak of tall trees. *Annals of Applied Biology*, 65, 213-220.
- Limpens, H. J. G. A.; Bongers, W. 1991. Bats in Dutch forests. *Myotis*, 29: 129-136.
- Limpens, H. J. G. A.; Kapteyn, K. 1991. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis*, 29: 39-48.
- Lisón, F.; Calvo, J. 2014. Bat activity over small ponds in Dry Mediterranean forests: Implications for Conservation. *Acta Chiropterologica*, 16: 95-101.
- Lisón, F.; Yelo, N.; Balsalobre, M.; Calvo, J. 2005. Primeros datos sobre el murciélago de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling y Blasius, 1839) en la Región de Murcia. *Galemys*, 17:45-52

López-Baucells, A.; Puig-Montserrat, X.; Torre, I.; Freixas, L.; Mas M.; Arrizabalaga, A.; Flaquer, C. 2017. Bat boxes in urban non-native forests: a popular practice that should be reconsidered. *Urban Ecosyst.*, 20: 217-225.

Lorente, L.; Llana, C.; Sánchez, J. M. 2014. Primera cita de nóctulo mediano (*Nyctalus noctula*) en Aragón (NE de España). *Barbastella*, 7: 19-21.

Lourenço, S. I.; Palmeirim, J. M. 2004. Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): Relevance for the design of bat boxes. *Biol. Conserv.*, 119 (2): 237-243.

Lučan R. K.; Andreas, M.; Benda, P.; Bartonička, T.; Březinová, T.; Hoffmannová, A.; Hulová Š.; Hulva, P.; Neckářová, J.; Reiter, A.; Svačina T.; Šálek, M.; Horáček, I. 2009. Alcatheo Bat (*Myotis alcatheo*) in the Czech Republic: Distributional Status, Roosting and Feeding Ecology. *Acta Chiropterologica*, 11 (1): 61-69.

Lučan, R. K.; Hanák, V.; Horáček, I. 2009. Long-term re-use of tree roosts by European forest bats. *Forest Ecology and Management*, 258: 1301-1306.

Lumsden, L. F.; Bennett, A. F. 2005. Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in southeastern Australia. *Biological Conservation*, 122 (2): 205- 222. DOI:10.1016/j.biocon.2004.07.006.

Mackenzie, G. A.; Oxford, G. S. 1995. Prey of the noctule bat (*Nyctalus noctula*) in East Yorkshire. *J. Zool., Lond.*, 236: 322-327.

Madrigal, A. 2003. *Ordenación de montes arbolados*. 2.^a edición. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 376 pp.

Maeda, K. 1974. Eco-ethologie de la grande noctule, *Nyctalus lasiopterus*, a Sapporo, Japon. *Mammalia.*, 38 (3): 461-487.

Martínez-Vidal, R. 2001. Hábitat de cría del pito negro en las sierras del Cadí y Moixeró (Prepirineo Oriental): Caracterización, tipología y pérdidas de árboles-nido. En: Camprodon, J.; Plana, E. (eds.). *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal*. Universitat de Barcelona y Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Barcelona. Pp 321-330.

Meschede, A.; Heller, K. G. 2000: Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 66. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

Meschede, A.; Heller, K. G. 2003. Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le rhinolophe*, 16: 1-214.

Munar Bernat, J. 1982. Una captura de *Nyctalus noctula* Schreber (Chiroptera: Vespertilionidae) en Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 233-236.

Myczko, Ł.; Dylewski, Ł.; Sparks, T. H.; Łochyński, M.; Tryjanowski, P. 2017. Co-occurrence of birds and bats in natural nest-holes. *Ibis*, 159 (1): 235-237.

Napal, M. 2011. *Comparative study of Bechstein's bats in contrasting climates: the legacy of forest transformations*. PhD Thesis. Dpto. Zoología y Biología Animal. Leioa, Basque Country.

- Napal, M.; Garin, I.; Goiti, U.; Salsamendi, E.; Aihartza, J. 2009. Selection of maternity roosts by *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in the Southwestern Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, 11 (2): 425-433.
- Napal, M.; Garin, I.; Goiti, U.; Salsamendi, E.; Aihartza, J. 2010. Habitat selection by *Myotis bechsteinii* in the southwestern Iberian Peninsula. *Ann. Zool. Fennici*, 47: 239-250.
- Napal, M.; Garin, I.; Goiti, U.; Salsamendi, E.; Aihartza, J. 2013. Past deforestation of Mediterranean Europe explains the present distribution of the strict forest dweller *Myotis bechsteinii*. *Forest Ecology and Management*, 293: 161-170.
- Nogueras, J.; Garrido-García, J. A.; Fijo-León, A.; Juste, J.; García-Mudarra, J. L.; Ibáñez, C. 2013. Patrones de distribución del complejo "Myotis mystacinus" en la península Ibérica. *Barbastella*, 6, 23-29.
- Norberg, U. M.; Rayner, J. M. V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 316 (1179): 335-427.
- Ober, H. K.; Hayes, J. P. 2008. Influence of forest riparian vegetation on abundance and biomass of nocturnal flying insects. *Forest Ecology and Management*, 256: 1124-1132.
- Ohlendorf, B.; Hecht, B.; Strassburg, D.; Agirre-Mendi, P. T. 2000. Fernfund eines Kleinabendseglers (*Nyctalus leisleri*) in Spanien. *Nyctalus*, 7: 239-242.
- Ohlendorf, B.; Hecht, B.; Strassburg, D.; Agirre-Mendi, P. T. 2001. Bedeutende Migrationsleistung eines markierten Kleinabendseglers (*Nyctalus leisleri*): Deutschland-Spanien-Deutschland. *Nyctalus (Neue Folge)*, 8: 60-64.
- Oliver, C. D.; Larson, B. C. 1990. *Forest stand dynamics*. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle. 467 pp.
- O'Mara, M. T.; Wikelski, M.; Dechmann, D. K. 2014. 50 years of bat tracking: device attachment and future directions. *Methods in Ecology and Evolution*, 5 (4): 311-319.
- Onrubia, A.; Sáez de Buruaga, M.; Campos, M. A.; Lucio, A.; Purroy, F.; Balmori, A.; Fernández, J. 1996. Presentado el catálogo de vertebrados del Parque Natural de Valderejo. *Sustrai*, 40: 32-35.
- Parsons, S.; Szewczak, J. 2009. Detecting, recording and analysing the vocalisations of bats. En: Kunz, T. H.; Parsons, S. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Pp 91-111.
- Paz, Ó. de; Fernández, R.; Benzal, J. 1986. El anillamiento de quirópteros en el centro de la Península Ibérica durante el período 1977-1986. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 15: 113-138.
- Paz, Ó. de; Lucas, J. de; Arias, J. 2000. Cajas-refugio para quirópteros y estudio de la población del murciélago orejudo dorado (*Plecotus auritus* Linneo, 1758) en un área forestal de la provincia de Guadalajara. *Ecología*, 14: 259-268.

- Paunović, M. 2016. *Myotis bechsteinii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14123A22053752. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T14123A22053752.en>.
- Paunović, M.; Juste, J. 2016. *Pipistrellus nathusii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17316A22132621. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T17316A22132621.en>.
- Peet, R. K.; Christensen, N. L. 1987. Tree Death: Cause and Consequence. *BioScience*, 37 (8): 586-595.
- Petit, E.; Mayer, F. 1999. Male dispersal in the noctule bat (*Nyctalus noctula*): where are the limits? *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 266 (1430): 1717-1722.
- Phillips, S. J.; Anderson, R. P.; Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Pierson, E. D. 1998. Tall trees, deep holes, and scarred landscapes: conservation biology of North American batsin. En: Kunz, T. H.; Racey, P. A. (eds.). *Bat biology and conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. Pp. 309-324.
- Piraccini, R. 2016. *Barbastella barbastellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T2553A22029285. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T2553A22029285.en>.
- Popa-Lisseanu, A. G.; Bontadina, F.; Ibáñez, C. 2009. Giant noctule bats face conflicting constraints between roosting and foraging in a fragmented and heterogeneous landscape. *Journal of Zoology*, 278: 126-133.
- Popa-Lisseanu, A. G.; Bontadina, F.; Mora, O.; Ibáñez, C. 2008. Highly structured fission-fusion societies in an aerial-hawking, carnivorous bat. *Animal Behaviour*, 75 (2), 471-482. [471e482 \(2008\) http://hdl.handle.net/10261/48540](http://hdl.handle.net/10261/48540).
- Postawa, T. 2004. Changes in Bat Fauna During the Middle and Late Holocene as Exemplified by thanatocoenoses Dated with 14C AMS from Kraków-Częstochowa Upland Caves, Poland. *Acta Chiropterologica*, 6 (2): 269-292.
- Poulton, S. M. C. 2006. *An analysis of the usage of bat boxes in England, Wales and Ireland for The Vincent Wildlife Trust*. BioEcoSS Ltd. Shropshire, UK. 55 pp. DOI: <https://doi.org/10.1002/fut.20139>.
- Puig-Montserrat, X.; Torre, I.; López-Baucells, A.; Guerrieri, E.; Monti, M. M.; Ràfols-García, R.; Ferrer, X.; Gisbert, D.; Flaquer, C. 2015. Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology*, 80: 237-245.
- Rachwald, A. 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriologica*, 37: 413-422.
- Rebelo, H.; Ramos Pereira, M. J.; Rodrigues, L.; Palmeirim, J. M. 2002. Optimizing the thermal behaviour of bat-boxes. *Bat Res. News* 43(3): 104-105.

- Reckardt, K.; Kerth, G. 2007. Roost selection and roost switching of female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*) as a strategy of parasite avoidance. *Oecologia*, 154 (3): 581-588.
- Rocha, R.; Ovaskainen, O.; López-Baucells, A.; Farneda, F.; Sampaio, E.; Bobrowiec, P.; Cabeza, M.; Palmeirim, J.; Meyer, C. F. J. 2018. Secondary forest regeneration benefits old-growth specialist bats in a fragmented tropical landscape. *Scientific Reports*, 8 (3819). DOI: 10.1038/s41598-018-21999-2.
- Rodríguez, L.; Bach, L.; Dubourg-Savage, M. J.; Goodwin, J.; Harbusch, C. 2008. *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publ. Ser.*, 3: 51 pp.
- Rodríguez, L.; Bach, L.; Dubourg-Savage, M. J.; Karapandza, B.; Kovac, D.; Kervyn, T., Dekker, J.; Kepel, A.; Bach, P.; Collins, J.; Harbusch, C.; Park, K.; Micevski, B.; Minderman, J. 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – revision 2014. *EUROBATS Publ. Ser.*, 6 (English version). UNEP/EUROBATS.
- Ruczynski, I. 2006. Influence of temperature on maternity roost selection by noctule bats (*Nyctalus noctula*) and Leisler's bats (*N. leisleri*) in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Can. J. Zool.*, 84: 900–907.
- Ruczynski, I.; Bogdanowicz, W. 2008. Summer roost selection by tree-dwelling bats *Nyctalus noctula* and *N. leisleri*: a multiscale analysis. *Journal of Mammalogy*, 89 (4): 942-951.
- Ruczynski, I.; Kalko, E. K. V.; Siemers, B. 2009. Calls in the Forest: A Comparative Approach to How Bats Find Tree Cavities. *Ethology*, 115: 167-177.
- Ruczynski I.; Nicholls, B.; MacLeod, C. D.; Racey P. A. 2010. Selection of roosting habitats by *Nyctalus noctula* and *Nyctalus leisleri* in Białowieża Forest. Adaptive response to forest management? *Forest Ecology and Management*, 259: 1633-1641.
- Ruedi, M.; Tupinier, Y.; Paz, Ó. de. 1998. First breeding record for the noctule bat (*Nyctalus noctula*) in the Iberian Peninsula. *Mammalia*, 62: 301-304.
- Ruegger, N. 2017. Artificial tree hollow creation for cavity-using wildlife—Trialling an alternative method to that of nest boxes. *Forest Ecology and Management*, 405: 404-412.
- Russ, J. M.; Montgomery, W. I. 2002. Habitat associations of bats in Northern Ireland: implications for conservation. *Biol. Conserv.*, 108: 49-58.
- Russo, D.; Ancillotto, L.; Jones, G. 2017. Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification. *Canadian Journal of Zoology*, 96 (2): 63-78. <https://doi.org/10.1139/cjz-2017-0089>.
- Russo, D.; Billington, G.; Bontadina, F.; Dekker, J.; Dietz, M.; Gazaryan, S.; Jones, G.; Meschede, A.; Rebelo, H.; Reiter, G.; Ruczynski, I.; Tillon L.; Twisk, P. 2016. Identifying Key Research Objectives to Make European Forests Greener for Bats. *Front. Ecol. Evol.* 4 :87. DOI: 10.3389/fevo.2016.00087.
- Russo, D.; Cistrone, L.; Jones, G. 2005. Spatial and temporal patterns of roost use by tree-dwelling barbastelle bats *Barbastella barbastellus*. *Ecography*, 28 (6), 769-776.

- Russo, D.; Cistrone, L.; Jones, G.; Mazzoleni, S. 2004. Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. *Biological Conservation*, 117 (1): 73-81.
- Russo, D.; Jones, G. 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26: 197-209.
- Rydell, J.; Entwistle, A.; Racey, P. A. 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos*, 76 (2): 243-252.
- Rydell, J.; Natuschke, G.; Theiler, A.; Zingg, P. E. 1996. Food habits of the barbastelle bat *Barbastella barbastellus*. *Ecography*, 19: 62-66.
- Rydell, J.; Petersons, G. 1998. The diet of the Noctule bat *Nyctalus noctula* in Latvia. *Z. Säugetierkunde*, 63: 79-83.
- Rydell, J.; Speakman, J. R. 1995. Evolution of nocturnality in bats: potential competitors and predators during their early history. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54 (2): 183-191.
- Safi, K.; Kerth, G. 2004. A comparative analysis of specialization and extinction risk in temperate-zone bats. *Conservation Biology*, 18: 1293-1303.
- Salicini, I.; Ibáñez, C.; Juste, J. 2012. El complejo *Myotis nattereri* en Iberia: una larga historia. *Barbastella*, 5 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.14709/BarbJ.5.1.2012.01>.
- Schlapp, G. 1999. *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817). En: Mitchell-Jones, A. J.; Amori, G.; Bogdanowicz, W.; Krystufek, B.; Reijnders, P. J. H.; Spitzenberger, E.; Stubbe, M.; Thissen, J. B. M.; Vohralik, V.; Zima, J. (eds.). *The Atlas of European Mammals*. London, T and AD Poyser. Pp. 100-101.
- Schnitzler, H. U.; Kalko, E. K. V. 2001. Echolocation by insect-eating bats. *BioScience*, 51: 557-569.
- Schofield, H.; Morris, C. 2000. *Ranging behaviour and habitat preferences of female Bechstein's bat, Myotis bechsteinii (Kuhl, 1817), in summer. With a review of its status, distribution, behaviour and ecology in the UK*. Ledbury, The Vincent Wildlife Trust: 2-26.
- Sedgeley, J. A. 2001. Quality of cavity microclimate as a factor influencing selection of maternity roosts by a tree-dwelling bat, *Chalinolobus tuberculatus*, in New Zealand. *Journal of Applied Ecology*, 38: 425-438. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00607.x>.
- Serra-Cobo, J.; Sanz-Trullén, V.; Martínez-Rica, J. P. 1998. Migratory movements of *Miniopterus schreibersii* in the north-east of Spain. *Acta Theriologica*, 43: 271-283.
- Siemers, B. M.; Swift, S. M. 2006. Differences in sensory ecology contribute to resource partitioning in the bats *Myotis bechsteinii* and *Myotis nattereri* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59: 373-380.
- Sierro, A.; Arlettaz, R. 1997. Barbastelle bats (*Barbastella* spp.) specialize in the predation of moths: Implications for foraging tactics and conservation. *Acta Oecologica*, 18: 91-106. DOI: 10.1016/S1146-609X(97)80067-7.

- Sleep, D. J. H.; Brigham, R. M. 2003. An experimental test of clutter tolerance in bats. *Journal of Mammalogy*, 84: 216-224.
- Sluiter, J. W.; Van Heerdt, P. F. 1966. Seasonal habits of the noctule bat (*Nyctalus noctula*). *Archives Néerlandaises de Zoologie*, 16: 423-439.
- Smith, G. R. 1997. Making decisions in a complex dynamic world. En: Kohm, K. A.; Franklin, J. F. (eds.). *Creating a forestry for the 21st century*. Island Press, Washington, D. C. Pp. 419-435.
- Stebbing, R. E.; Walsh, S. T. 1991. *Bat boxes. A guide to the History, Function, Construction and Use in the Conservation of Bats*. The Robert Stebbings Consultancy Ltd., Peterborough. 24 pp.
- Stephens, D.W.; Krebs, J. R. 1986. *Foraging theory*. Princeton University Press, New Jersey. 243 pp.
- Strelkov, P. P. 2000. Seasonal distribution of migratory bat species (Chiroptera, Vespertilionidae) in eastern Europe and adjacent territories. *Myotis*, 37: 7-25.
- Swystun, M. B.; Psyllakis, J. M.; Brigham, R. M. 2001. The influence of residual tree patch isolation on habitat use by bats in central British Columbia. *Acta Chiropterologica*, 3: 197-201.
- Tellería, J. L.; Santos, T. 1999. Distribution of birds in fragments of Mediterranean forests: the role of ecological densities. *Ecography*, 22: 13-19.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Editorial Omega, Barcelona. 703 pp.
- Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielborger, K.; Wichmann, M. C.; Schwager, M.; Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J. Biogeogr.*, 31: 79-92.
- Tillon, L.; Bouget, C.; Paillet, Y.; Aulagnier, S. 2016. How does deadwood structure temperate forest bat assemblages? *European Journal of Forest Research*, 135 (3): 433-449.
- Tillon, L.; Rouy, Q.; Vialle, V.; Dufrene, L. 2010. Bilan des connaissances françaises sur le Murin d'Alcathoe (*Myotis alcathoe* Helversen et Heller, 2001). *Arvicola*, 19 (2): 45-50.
- Tuttle, M. D.; Hensley, D. L. 1993. *The Bat House Builder's Handbook*. Bat Conservation International. Austin, Texas. 35 pp.
- Uhrin, M.; Kaňuch, P.; Benda, P.; Hapl, E.; Verbeek, H. J.; Krištín, A.; Krištofik, J.; Mašán, P.; Andreas, M. 2006. On the Greater noctule (*Nyctalus lasiopterus*) in central Slovakia. *Vespertilio*, 9 (10): 183-192.
- Vaughan, N. 1997. The diets of British bats (Chiroptera). *Mammal Review*, 27 (2): 77-94.
- Vergari, S.; Dondini, G.; Ruggieri, A. 1998. On the distribution of *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in Italy (Chiroptera: Vespertilionidae). *Hystrix*, 10 (2): 49-56.
- Villero, D.; Pla, M.; Camps, D.; Ruiz-Olmo, J.; Brotons, L. 2016. Integrating species distribution modelling into decision-making to inform conservation actions. *Biodivers. Conserv.* DOI 10.1007/s10531-016-1243-2.

- Walsh, A. L.; Harris, S. 1996. Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology*, 33, 508-518.
- Webb, J. K.; Shine, R. 1997. Out on a limb: conservation implications of tree-hollow use by a threatened snake species (*Hoplocephalus bungaroides*: Serpentes, Elapidae). *Biological Conservation*, 81: 21-33.
- Whitehead, H.; Waters, S.; Lyrholm, T. 1991. Social organization of female sperm whales and their offspring: constant companions and casual acquaintances. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29 (5): 385-389.
- Wickramasinghe, L. P.; Harris, S.; Jones, G.; Vaughan, N. 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *J. Appl. Ecol.*: 40: 984-993.
- Willis, C. K. R.; Brigham, R. M. 2004. Roost switching, roost sharing and social cohesion: forest-dwelling big brown bats, *Eptesicus fuscus*, conform to the fission–fusion model. *Animal Behaviour*, 68: 495-505.
- Willis C. K. R.; Brigham, R. M. 2007. Social thermoregulation exerts more influence than microclimate on forest roost preferences by a cavity-dwelling bat. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62: 97-108.
- Wilson, E., Reeder, D. M. (eds.). 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed.), Johns Hopkins University Press, 2, 142 pp. (Available from Johns Hopkins University Press, 1-800-537-5487 or (410) 516-6900, or at <http://www.press.jhu.edu>).
- Wohlgemuth, R.; Devrient, I.; García A.; Hutterer R. 2004. Long-distance flight of a lesser noctule (*Nyctalus leisleri*) after rehabilitation. *Myotis*, 41-42: 69-73.
- Wolz, I. 1986. Wochenstuben-Quartierewechsel bei der Bechsteinfledermaus. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 51: 65-74.
- Wolz, I. 2002. Beutespektren der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) und des Grossen Mausohrs (*Myotis myotis*) aus dem Schnaittenbacher Forst in Nordbayern. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 71: 213-224.
- Wood, H.; Lindborg, R.; Jakobsson, S. 2017. European Union tree density limits do not reflect bat diversity in wood-pastures. *Biological Conservation*, 210: 60-71.
- Woutersen, K.; Bafaluy Zoriguel, J. J. 2001. *Los murciélagos del Alto Aragón*. Kees Woutersen Publicaciones. Huesca. 144 pp.
- Zeus, V. M.; Puechmaille, S. J.; Kerth, G. 2017. Conspecific and heterospecific social groups affect each other's resource use: a study on roost sharing among bat colonies. *Animal Behaviour*, 123: 329-338. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.11.015>.

Este libro se imprime sobre papel Invercote Creato G, 350 grs en cubierta y Estucado mate 115 grs en el interior.

Los murciélagos o quirópteros son el grupo de vertebrados más diverso de la península ibérica y uno de los más diversificados del mundo. Todas las especies de murciélagos están protegidas en Europa y sus poblaciones se ven amenazadas por perturbaciones en sus hábitats.

Los murciélagos forestales o arborícolas, en particular, figuran entre los vertebrados peor conocidos, por las dificultades que entraña su estudio y seguimiento. Sin embargo, en lo que llevamos del siglo XXI, se ha avanzado significativamente en el estudio y seguimiento de los murciélagos forestales, el conocimiento de su estado de conservación y el efecto de las amenazas que les afectan. Así mismo, se ha avanzado en la gestión de los hábitats para favorecer a sus poblaciones.

Este manual sintetiza el conocimiento actual y las metodologías de estudio de los murciélagos arborícolas ibéricos y analiza los factores ambientales que intervienen en su biología y selección del hábitat, a escala de paisaje, rodal y árbol. Aporta directrices de conservación aplicables en la gestión forestal y propone un plan de seguimiento para las especies amenazadas.

La finalidad de este manual es llegar al mayor número posible de personas, tanto en el ámbito científico y divulgativo como, sobre todo, en el técnico, muy especialmente a los gestores ambientales. Aquí deben considerarse incluidos tanto los encargados de asegurar la conservación de los murciélagos como, por supuesto, los propietarios de los montes y los gestores forestales.



Edita

