



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



La importancia de una gestión multiescalar en la conservación de fauna amenazada. El caso de los quirópteros forestales

GUIXÉ, D.¹, CAMPRODON, J.^{1,2}, LORENTE, L.³, ALCALDE, J.T.³, JATO, R.⁴, DE PAZ, O.⁵, NAPAL, M.⁶, POPA-LISSEANU, A.G.⁷ y IBÁÑEZ, C.⁷

¹Grup de Biología de la Conservació. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). Ctra Sant Llorenç de Morunys km 2. 25280 Solsona. E-mail: david.guixe@ctfc.cat.

²Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya, C/ de la Laura, 13, 08500 Vic.

³SECEMU, Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos.

⁴SARGA, Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental, Avda de Ranillas 5^a, 3^a planta, 50018, Zaragoza y SECEMU, Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos.

⁵Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares, Madrid.

⁶Departamento de Ciencias. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía. 31006 Pamplona.

⁷Estación Biológica de Doñana (CSIC), Avda. Américo Vespucio 26, 41092 Sevilla.

Resumen

La mayoría de las especies de murciélagos ibéricos utilizan las masas boscosas en algún momento de su vida, ya sea para cazar, hibernar, reproducirse o migrar. Las especies de costumbres más arborícolas han evolucionado muy ligadas al bosque y utilizan de forma preferente las cavidades en árbol como refugio. Son especies protegidas y algunas amenazadas, de distribución y ecología escasamente conocida en la Península Ibérica y especies funcionales clave en los hábitats forestales y potenciales reguladoras de plagas. A partir de un trabajo exhaustivo de revisión bibliográfica y de su propia experiencia e investigaciones, los autores presentan unas directrices de planificación y gestión forestal compatibles con la conservación de los murciélagos. Estas se abordan a tres escalas espaciales: a) paisaje: potenciación de un mosaico de masas boscosas y espacios abiertos, con corredores arbolados y puntos de agua; b) rodal: gestión multifuncional integradora de elementos de madurez y heterogeneidad; c) refugio: tipología de árboles a conservar como potenciales refugios según las distintas especies de murciélagos. Se analiza cómo estas directrices son sinérgicas con otros grupos taxonómicos, de forma que los murciélagos pueden utilizarse como especies paraguas e indicadoras del buen estado de conservación de los sistemas forestales.

Palabras clave

Murciélagos forestales, conservación, gestión forestal, orientaciones de gestión, paisaje forestal, bosque, rodal, cavidades en árbol, cajas refugio.

1. Introducción

En el Estado español han sido citados en estado silvestre un total de 34 especies, de todas ellas se consideran que 10 son murciélagos arborícolas o forestales estrictos (Tabla 1). 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. Cabe destacar que cuatro especies de murciélagos forestales están amenazadas, catalogadas como vulnerables (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de murciélagos forestales o arborícolas 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	Especie	Catálogo Español de Especies Amenazadas	Directiva Hábitats
Murciélagos ratonero forestal	<i>Myotis bechsteinii</i>	Vulnerable	Anejo II y IV
Murciélagos ratonero gris itálico	<i>Myotis crypticus</i>		Anejo IV
Murciélagos ratonero bigotudo	<i>Myotis mystacinus</i>	Vulnerable	Anejo IV
Murciélagos ratonero bigotudo de Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>		Anejo IV
Murciélagos de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>		Anejo IV
Nóctulo pequeño	<i>Nyctalus leisleri</i>		Anejo IV
Nóctulo mediano	<i>Nyctalus noctula</i>	Vulnerable	Anejo IV
Nóctulo grande	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Vulnerable	Anejo IV
Murciélagos barbastela	<i>Barbastella barbastellus</i>		Anejo II y IV
Orejudo dorado	<i>Plecotus auritus</i>		Anejo IV

La mayoría de las especies de murciélagos ibéricos utilizan las masas boscosas en algún momento de su vida, ya sea para cazar, hibernar, reproducirse o migrar. Las especies de costumbres más forestales (arborícolas) han evolucionado muy ligadas al bosque y utilizan de forma preferente las cavidades en árbol como refugio.

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 & 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 & Brigham, 1999; Swystun *et al.*, 2001; Kusch *et al.*, 2004; Kusch & Idelberger, 2005; Flaquer *et al.*, 2007a).

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. A su vez la explotación forestal ha decaído, lo que produce en algunos sectores un incremento de la edad media de los árboles. Por otro lado, 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, encuentran 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.

El reto de los gestores del medio forestal, además de dirigida a garantizar la productividad forestal, debe incluir el empleo de las mejores prácticas para favorecer la 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 el marco de un Proyecto de la Fundación Biodiversidad, se ha elaborado el Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales, editado por el MITECO (Ministerio para la transición ecológica del Gobierno de España). Este manual describe la biología, distribución y conservación de las 10 especies de quirópteros arborícolas de la península Ibérica (Figura 1). Describe la importancia de la estructura del hábitat a tres escalas espaciales: paisaje, rodal y refugio, así como las afecciones sobre el hábitat a estas tres escalas. Incluye las metodologías de estudio, con un capítulo dedicado al uso de cajas-refugio y propone un plan de seguimiento para los murciélagos arborícolas amenazados. Finaliza con un capítulo detallado sobre los criterios de gestión del hábitat en relación con la conservación de los murciélagos, a escala de árbol, rodal y paisaje. Se pretende así divulgar un manual completo, sintético y actualizado sobre la ecología, el estado de conservación y las directrices de gestión de las poblaciones de murciélagos forestales ibéricos. En definitiva, fomentar la aplicación de prácticas adecuadas, basadas en el conocimiento científico, que permitan que gestión forestal y conservación puedan encontrarse y avanzar en sintonía.



Figura 1. Murciélagos ratonero bigotudo (*Myotis mystacinus*). Selva Negra, Alemania. Foto: Laura Torrent.

2. Objetivos

1. Aumentar el conocimiento de la ecología, la gestión de sus hábitats, sus problemáticas y las necesidades de los quirópteros forestales ibéricos.
2. Relacionar los requerimientos ecológicos de los murciélagos forestales con la gestión forestal.
3. Elaborar un documento técnico para especialistas en conservación de la biodiversidad, propietarios forestales y administraciones competentes en la conservación y gestión de los hábitats de los murciélagos forestales.

3. Metodología

1. Recopilación de datos y trabajos sobre murciélagos forestales. Revisión bibliográfica, informes y documentación no publicada y experiencias de gestión.
2. Constitución de un grupo de trabajo de expertos en murciélagos forestales en España.
3. Realización de reuniones con expertos y asesoramiento externo.

4. Análisis e iincorporación de los resultados obtenidos versus caracterización forestal de especies-objetivo definidos por el proyecto de la Fundación Biodiversidad.
5. Redacción de los capítulos del manual por parte de los autores durante 2017 y 2018.
6. Diseño y publicación del manual por parte del Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España. Disponible desde 2018 en línea: <https://secemu.org/manual-conservacion-seguimiento-los-quiropertos-forestales/>

4. Resultados

4.1. El paisaje

A escala de paisaje actúan factores como la estructura en mosaico de hábitats, la fragmentación, el efecto de los ecotones 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.

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. En general, se ha observado que los murciélagos requieren hábitats en mosaico que combinen bosques maduros, prados y/o cultivos ecológicos y bebederos (Wickramasinghe *et al.*, 2003; Flaquer *et al.* 2008). Por tanto, dentro del paisaje forestal del que dependen los murciélagos forestales se incluyen masas boscosas densas, pero también herbazales en espacios abiertos, orla de matorral o bosques riparios o de ribera (Figura 2). Cabe decir que los ambientes riparios bien conservados serían el hábitat más seleccionado por la mayor parte de las especies (Vaughan, 1997).

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).

Una de las características de los paisajes con mayor mosaicismo es la abundancia de ecotones, 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, constituyendo rutas de paso más efectivas que el interior del bosque (Figura 2). Algunos trabajos han mostrado que los murciélagos seleccionan preferentemente los límites del bosque frente a cualquier otro tipo de hábitat, incluyendo zonas abiertas dentro del mismo bosque (Camprodón y Guixé, 2007; Napal *et al.*, 2010).



Figura 2. 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.

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 estrechamente ligada al bosque como el murciélagos 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 & Greenaway, 2006). 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 (Camprodón y Guixé, 2008).

En paisajes 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 & Krebs, 1986).

Otro aspecto importante es la disponibilidad de agua, sobre todo en verano, que puede consistir para especies forestales, de vuelo lento, en pequeños abrevaderos o zonas de río remansadas y con lámina de agua despejada (Figura 3).



Figura 3. Bebedero artificial en zona forestal ideal para los murciélagos. Foto: Óscar de Paz.

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. Por ejemplo, zonas protegidas en los fondos de valle, pueden resultar más templadas o mantener una mayor humedad ambiental y mayor riqueza de insectos o bosques maduros en zonas umbrías en invierno ya que necesitan temperaturas bajas para poder mantener el estado de torpor durante meses dentro de las cavidades.

4.2. El bosque

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 (Figura 4). 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, que cuentan con poblaciones excelentes de muchas de estas especies. Hill & Greenaway (2008) mostraron una clara asociación entre un sotobosque bien desarrollado y el número y diversidad de especies de murciélagos forestales.



Figura 4. Zona con presencia de refugios del murciélagos ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) en Navarra. Foto: María Napal.

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.

La abundancia de presas es mayor en los ecotones de los bosques con un perfil complejo de vegetación que en espacios despejados, como se ha descrito en robledales (Camprodón y Guixé, 2008). Además, el viento puede acumular presas en los ecotones. 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.

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).



Figura 5. Plantación de pino silvestre cuya elevada densidad dificulta acceso a los quirópteros. Riaño, León. Foto: Jordi Camprodón.

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 mayor facilidad de localizar cavidades (Campbell *et al.*, 1996; Kalcounis-Rüppell *et al.*, 2005). 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 6).

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.*, 2013; 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. Densidades de 20-30 árboles/ha en una matriz agrícola albergan poblaciones abundantes de murciélagos (Lumsden & Bennett, 2005; Fischer *et al.*, 2010).



Figura 6. Hayedo maduro de Gresolet (Parque Natural del Cadí-Moixeró). Foto: Jordi Camprodón.

4.3. Los 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 (Figura 7). 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. Por todo ello, uno de los factores más limitantes para las especies forestales es, probablemente, la disponibilidad de refugios (Napal, 2011). 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 importantes colonias de quirópteros arborícolas.



Figura 7. Roble viejo y decrépito con la fauna asociada. De izquierda a derecha: cárabo, nóctulo pequeño, jineta, salamanquesa común, murciélagos de bosque, trepador azul, búho chico, lirón gris, pico picapinos, agateador común. Ilustración: Martí Franch.

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 (Figura 8). De hecho, la disponibilidad de refugios puede ser más determinante para la presencia de murciélagos arborícolas que la abundancia de presas (Crampton & 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 & Brigham, 2007). 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 aoso 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 pícidio (Meschede & Heller, 2003).

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; Camprodón *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 pícidio (Camprodón *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).

Los pícidos requieren árboles gruesos para excavar sus nidos de más de 35 cm para un picamaderos negro (Camprodón *et al.*, 2007). 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. Pero no todas las cavidades son igual de útiles (Figura 8). Hay cavidades preferidas a otras y su selección depende de distintos factores: el aislamiento frente 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, predadores 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 9). Además, las cavidades pueden tener una duración bastante limitada, el mismo árbol va cerrando las heridas y pequeñas cavidades y más aún si son estacas de madera en descomposición avanzada.



Figura 8. Refugio típico de murciélagos ratonero forestal (*Myotis bechsteinii*) excavado por pájaros carpinteros en un roble decaído con hongos yesqueros. Parque Natural de Izqui, Euskadi. Foto: Jordi Camprodón.



Figura 9. 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.

No todos los murciélagos prefieren el mismo tipo de cavidad, 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 noctúlos mediano y pequeño (Ruczynski & Bogdanowicz, 2008). 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 noctúlos, se considera que cada colonia utiliza entre 8 y 25 árboles como refugio al año, sea de cría (Barclay & Kurt, 2007) o de apareamiento (Camprodón 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 & 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 noctúlos (Aellen, 1984; Camprodón 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 noctúlos (Barclay & Kurt, 2007; Camprodón 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 & 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 daubentonii* y *Nyctalus noctula* durante un periodo de 5-10 años.

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 alcathoe* se ha observado que seleccionan pequeñas oquedades en acebos en un bosque mixto bastante maduro (Coronado et al., 2017). 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. *Barbastella barbastellus* se refugia habitualmente bajo las cortezas levantadas de los troncos (Figura 10). En el caso de los pinares suelen localizarse en los árboles secos o decrepitos (debido a rayos y otros accidentes, plagas o enfermedades). Algunos pinos forman cavidades naturales, a menudo muy pequeñas, que pasan inadvertidas a primera vista, como las formadas en la bifurcación de un tronco de pino ocupadas a menudo por colonias de orejudos dorados.



Figura 10. Refugio de barbastela (*Barbastella barbastellus*) en pino rodeno (*Pinus pinaster*). Sierra de San Vicente, Toledo, Castilla. Foto: Óscar de Paz.

Como complemento, se pueden instalar cajas-refugio, ya que son un buen método para favorecer el asentamiento de murciélagos arborícolas en zonas con ausencia o escasez de abrigos naturales (Figura 11). Se recomienda ponerlas en grupos de 5 o más de diferentes tipologías y tamaños 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 períodos del año. Ponerlas separadas unos 10-25m entre ellas y entre grupos de cajas, por lo menos, a 100 m de distancia unos de otros.



Figura 11. Caja Schwegler 2FN. Este modelo es utilizado por las tres especies de noctúlos. Foto: Juan Tomás Alcalde.

5. Discusión

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 & 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.

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. Los grandes incendios serían una de las amenazas más grandes.

El fraccionamiento del hábitat forestal, aunque supone una disminución evidente de la cantidad de hábitat forestal disponible. Pero a su vez en una matriz importante de bosque maduro, la disponibilidad de hábitats ecotónicos, pueden favorecer a las especies que aprovechan preferentemente los bordes de bosque y a las que prefieren paisajes en mosaico (Grindal & Brigham, 1999). A su vez, la conectividad puede ser suficiente para remediar o aliviar un efecto fuerte de la fragmentación del hábitat (Figura 12). 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, amplios setos, etc.).



Figura 12. 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 arbóricolas. Original de Martí Franch, extraído de Camprodón, 2013.

Las 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. 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. Simplifica la heterogeneidad o estratificación vertical. 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. La eliminación de ejemplares aislados de frondosas en bosques de coníferas también supone una disminución de la calidad del hábitat de los murciélagos.

Merecen una mención aparte los bosques de ribera, unos bosques tradicionalmente maltratados y reducidos. Son bosques mixtos de frondosas muy dinámicos, con especies de crecimiento rápido que 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 (Figura 13). Cabe limitar 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 poder aumentar tan importantes sotos riparios.



Figura 13. 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.

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, sotobosque o de bosque abierto o de follaje. 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 media densidad; existencia de claros y madera muerta em pie; zonas con grandes árboles y zonas adehesadas.

La situación de la mayoría de los bosques ibéricos es de una baja disponibilidad de buenas cavidades para los murciélagos. 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. Los murciélagos que se refugian en árboles cambian con frecuencia de refugio, y lo mismo hacen las colonias de cría. 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.

La época crítica puede variar, aunque, en general, las dos épocas más sensibles son la cría, de mayo a agosto y la invernada, de diciembre a marzo. Cabe decir que utilizan el bosque a lo largo de todo el año donde siempre es el refugio el elemento más importante y por ello cabe reservar rodales con colonias de interés a evolución libre y en toda planificación y marcaje, siempre respectar la totalidad de árboles con cavidades utilizadas o potenciales.

Los murciélagos forestales, tienen o pueden tener sus áreas de caza fuera de los bosques (Figura 14). En estas zonas no arboladas destacan, por su importancia, dos afecciones principales sobre 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). Por otro lado, la energía eólica no está exenta de problemáticas. 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; Rodrígues et al., 2008).



Figura 14. Orejudo forestal (*Plecotus auritus*). Foto: Jordi Bas.

6. Conclusiones

Para asegurar la conservación de las poblaciones de quirópteros forestales u otra fauna de interés es necesario disponer de datos cuantitativos sobre poblaciones de murciélagos: distribución de áreas críticas y tamaño y tendencia poblacionales, especialmente de las especies amenazadas. Esto permite dirigir los esfuerzos y medidas en la gestión de su hábitat. Estos datos deben contar con 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.

6.1. Gestión a 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 (Figura 15):
 - Grupos de árboles-refugio repartidos a distancias de decenas de metros,
 - Rodales maduros de más de una hasta decenas de hectáreas y
 - 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, por lo menos, un 3 y un 5% de la superficie forestal de una región como reserva de rodales o bosques maduros a evolución libre que incluyan poblaciones de murciélagos amenazados (la Estrategia de Biodiversidad Europea para 2030 marca como reto un mínimo del 10% de espacios terrestres).



Figura 15. 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 ecotones 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.

- 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 (Figura 16).





Figura 16. Claro en un robledal de roble carballo (*Quercus robur*), con árboles maduros. La Garrotxa, Cataluña. Foto: Joan Montserrat.

- 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.

6.2. Gestión a 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 entresacas 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 (Figura 17).
- 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 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 (Figura 17).
- 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.

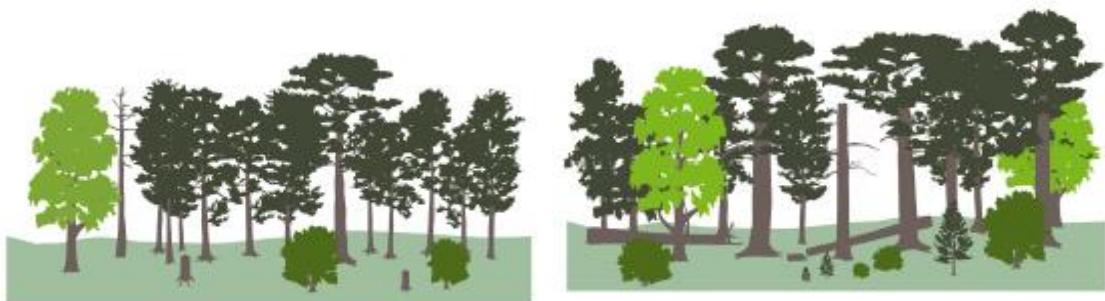


Figura 17. Integración, en un fustal alto en producción (a), de componentes de alto valor para la conservación de la biodiversidad propios de bosques maduros (b). Estos componentes pueden ser árboles grandes aislados o en grupos dejados a evolución libre, madera muerta de diferentes tipologías, algunas cepas cortadas altas y arbustos productores de fruto carnoso, dispersos por el rodal y/o concentrados en pequeñas grupos o claros. Ilustración: Anna Gallés.

6.3. Gestión a 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. 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 (Figura 18).
- 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 nótculo 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.



Figura 18. Proceso de anillado de un pino. Se puede practicar con motosierra o hacha. Fotos: Jordi Bas.

7. 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 Camprodón, 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, María 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.

8. Bibliografía

- AELLEN, V. 1984. Migrations de chauves-souris en Suisse. Note complémentaire. *Myotis*, 21-22: 185-189.
- BENZAL, J. 1991. Population dynamics of the Brown-Long Eared Bat (*Plecotus auritus*) occupying bird boxes in a pine forest plantation in Central Spain. *Netherlands Journal of Zoology*, 41: 241-249.
- 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.
- 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.
- 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 pícodos 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. 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. 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. 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.
- 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.
- 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>.

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.

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 bechsteinii* in Luxembourg: implications for forest management and conservation. *Folia Zool.*, 58 (3): 327-340.

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.; TORRE, I.; ARRIZABALAGA, A. 2007. Selección de refugios, gestión forestal y conservación de los quirópteros forestales. En: Camprodón, 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.

FISCHER, J.; SCOTT, J.; LAW B. S. 2010. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation*, 143: 1564-1567.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

HILL, D. A.; Greenaway, F. 2006. Putting Bechstein's bat on the map. Report to Mammals Trust UK.

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.

KUNZ, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. 2004. En: Kunz, T. H. (ed.). *Ecology of bats* Springer, Boston, MA. Pp 1-55.

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.

LEWIS, T. 1970. Patterns of distribution of insects near a windbreak of tall trees. *Annals of Applied Biology*, 65, 213-220.

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. Alcathoe Bat (*Myotis alcathoe*) in the Czech Republic: Distributional Status, Roosting and Feeding Ecology. *Acta Chiropterologica*, 11 (1): 61-69.

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.

MESCHEDE, A.; HELLER, K. G. 2003. Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le rhinolophe*, 16: 1-214.

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.

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. 2010. Habitat selection by *Myotis bechsteinii* in the southwestern Iberian Peninsula. *Ann. Zool. Fennici*, 47: 239-250.

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.

RODRÍGUES, 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.

RUCZYNKI, 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.

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.

STEPHENS, D.W.; KREBS, J. R. 1986. *Foraging theory*. Princeton University Press, New Jersey. 243 pp.

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.

VAUGHAN, N. 1997. The diets of British bats (Chiroptera). *Mammal Review*, 27 (2): 77-94.

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. 2007. Social thermoregulation exerts more influence than microclimate on forest roost preferences by a cavity-dwelling bat. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62: 97-108.

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.