



Revisión del estado actual de los
quirópteros insectívoros urbanos
para su posterior aplicación en
conservación

Ana María Rubio Polonio



MONOGRAFÍAS DE LA ASOCIACIÓN CHELONIA VOL XXV

Revisión del estado actual de los
quirópteros insectívoros urbanos
para su posterior aplicación en
conservación

Edita: Asociación Chelonia, Madrid (España)

©Asociación Chelonia, 2026

Autora: Ana María Rubio Polonio

Foto de portada: AttilaBarsan de Getty Images

AUTOR

EQUIPO EDITORIAL

COLABORADORES

Ana María Rubio Polonio. *Autora.* Curso Técnico en Bienestar Animal y Rehabilitación de Fauna Salvaje, Instintia.

Dr. Manuel Merchán Fornelino. *Equipo editorial.* Presidente de la Asociación Chelonia. Universidad Alfonso X El Sabio (Madrid, España).

MSc. Patricia Ureña Imedio. *Equipo editorial.* Coordinadora de Medio Ambiente de la Asociación Chelonia.

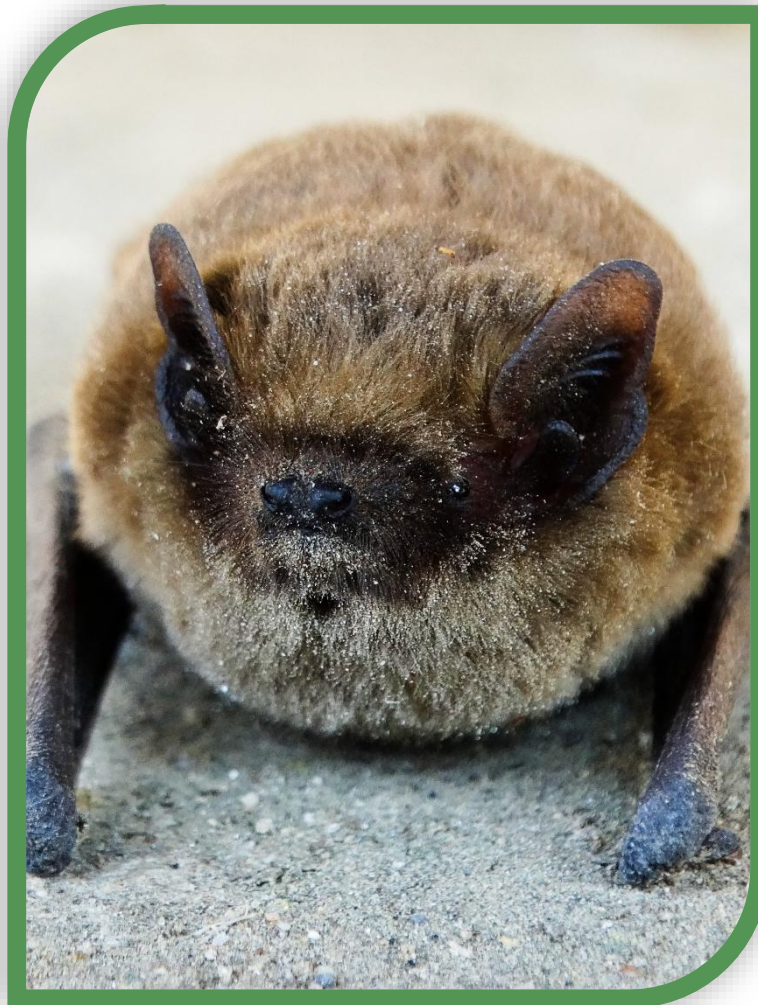
Cita recomendada: Rubio Polonio, A. M. 2026. Revisión del estado actual de los quirópteros insectívoros urbanos para su posterior aplicación en conservación. Monografías de la Asociación Chelonia. Volumen XXV. Madrid: Asociación Chelonia. 85 p.

Primera edición, junio de 2026

www.chelonia.es

chelonia@chelonia.es

ISBN: 978-84-09-89016-3



Individuo de *Pipistrellus* sp. Fotografía:
Johanna en Pixabay

Este trabajo está hecho con la intención de acercar la conservación de quirópteros a la población. Se intenta exponer de una forma amena, aunque sin dejar de lado la ciencia, el efecto que tienen las ciudades sobre estos animales, así como las amenazas que sufren y las medidas que podemos plantear en ellas para conservarlos. Defendemos que no se puede proteger aquello que no se conoce y qué mejor que conocer lo que nos rodea e incluso beneficia sin ni siquiera darnos cuenta. Con poco podemos aprender a proteger mucho.

Muchas gracias a todos los lectores.

Índice

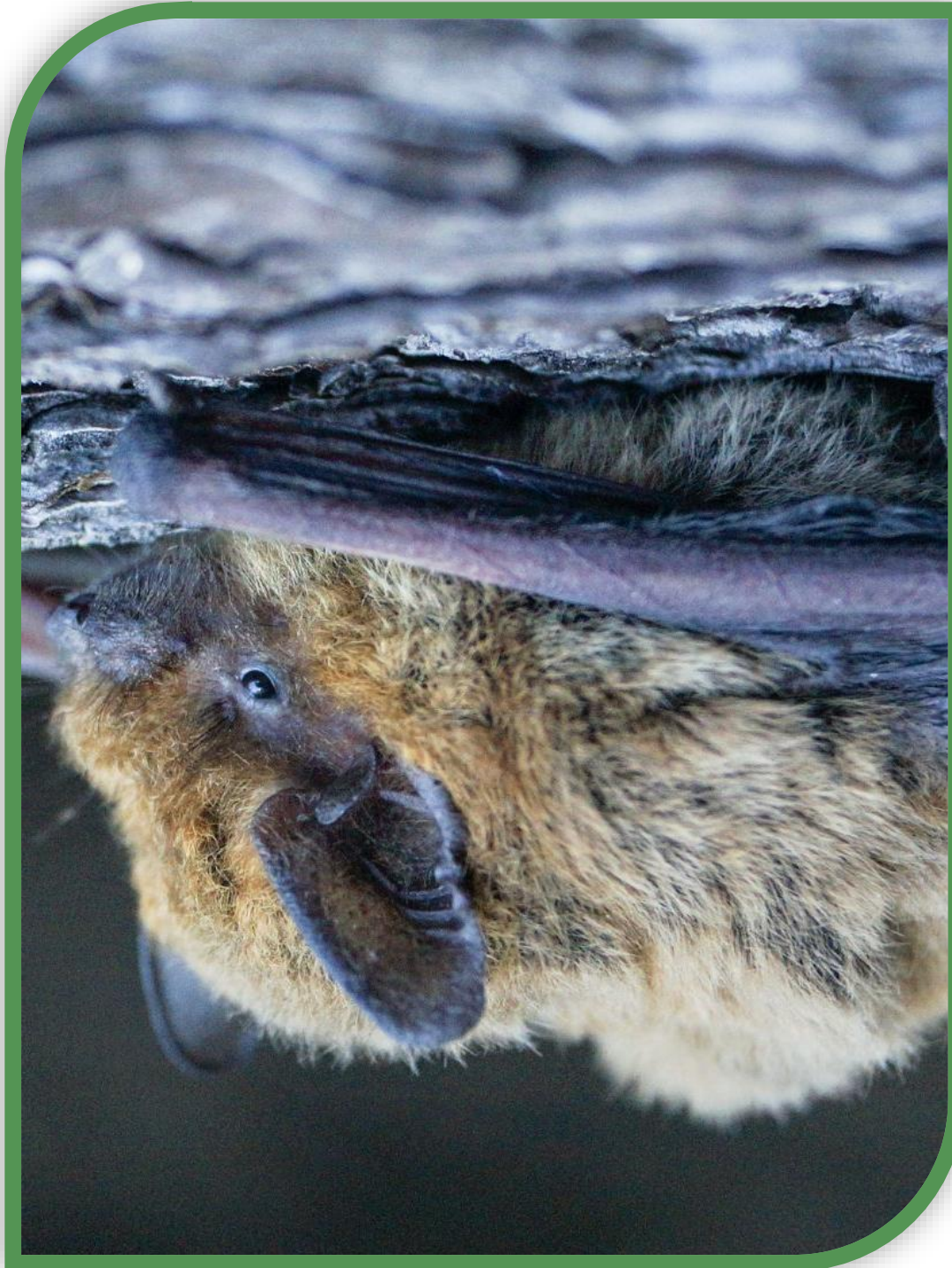
<u>RESUMEN</u>	09
<u>ABSTRACT</u>	10
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	11
<u>2. QUIRÓPTEROS</u>	13
<u>3. IMPORTANCIA DE LA URBANIZACIÓN</u>	16
<u>4. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS URBANOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA</u>	20
<u>5. AMENAZAS ACTUALES RELATIVAS A LOS MURCIÉLAGOS URBANOS</u>	22
<u>6. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN RELATIVAS A LOS MURCIÉLAGOS URBANOS</u>	32
<u>7. FACTORES A EVALUAR EN RELACIÓN A LOS MURCIÉLAGOS EN AMBIENTES URBANOS</u>	47
<u>7.1. Rasgos funcionales, morfológicos, sensoriales y comportamentales</u>	52
<u>7.2. Relaciones intraespecíficas e interespecíficas</u>	56
<u>7.3. Preferencias de hábitat</u>	58
<u>8. CONCLUSIONES</u>	69
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	70
<u>Anexo 1</u>	73
<u>Anexo 2</u>	74
<u>Anexo 3</u>	82

Índice de figuras

	<u>Figura 1. Representación del número de artículos relacionados con la conservación de quirópteros y ambientes urbanos publicados por año entre 2004 y 2023.</u>	12
	<u>Figura 2. Análisis sobre el estatus de conservación de los murciélagos urbanos en Europa, Mediterráneo y España.</u>	21

Índice de tablas

<u>Tabla 1. Recopilatorio de las principales amenazas que enfrentan los murciélagos en el siglo XXI .</u>	22
<u>Tabla 2. Medidas de conservación aplicables a la conservación de quirópteros urbanos.</u>	34
<u>Tabla 3. Relación de todos los factores por los que se ven influenciados los murciélagos para la evasión, adaptación y/o explotación urbana por parte de estos.</u>	49
<u>Tabla 4. Listado de los rasgos funcionales, morfológicos, sensoriales y comportamentales que influyen en la adaptación y evasión de los quirópteros a los ambientes urbanos.</u>	52
<u>Tabla 5. Listado de las principales relaciones tanto intra como interespecíficas por las que se ven afectados los murciélagos urbanos.</u>	56
<u>Tabla 6. Listado de los principales factores que afectan a los murciélagos para el establecimiento de sus colonias en las urbes.</u>	59



Individuo de *Pipistrellus pygmaeus*. Fotografía de galería de Stock.

RESUMEN

Los quirópteros constituyen el segundo orden de mamíferos más diverso del planeta y uno de los más amenazados. Estos animales ocupan una amplia variedad de nichos, incluyendo zonas urbanas, aportando gran biodiversidad a los ecosistemas en los que se encuentran. Por desgracia, en dichos entornos urbanos sus poblaciones se han visto reducidas debido a numerosas amenazas, como la escasez y destrucción de zonas de descanso y reproducción o la degradación y alteración de hábitats.

Actualmente, se están desarrollando distintas medidas de conservación, entre las que destacan la necesidad de investigación, así como el desarrollo y cumplimiento obligatorio de la legislación. Además, también es muy importante la sensibilización ambiental de la población y la promoción de una reconciliación urbana que permita la coexistencia con estos animales.

El presente trabajo remarca la importancia de desarrollar métodos y procedimientos analíticos para evaluar y comparar el estado de las poblaciones de quirópteros. La conservación parte de saber en qué estado se encuentran las especies, por lo que todas las medidas de mitigación deben iniciarse con el conocimiento de cada población.

Palabras clave: quirópteros, murciélagos, insectívoros, España, urbanos, conservación, amenazas.

ABSTRACT

Bats constitute the second most diverse order of mammals on the planet and one of the most threatened. These animals occupy a wide variety of niches, including urban areas, contributing greatly to the biodiversity of the ecosystems they inhabit. Unfortunately, in such urban environments their populations have been reduced due to numerous threats, such as the scarcity and destruction of resting and breeding sites, as well as the degradation and alteration of habitats.

Currently, various conservation measures are being developed, among which the need for research stands out, as well as the development and mandatory enforcement of legislation. In addition, environmental awareness among the public is also very important, along with the promotion of urban reconciliation that allows coexistence with these animals.

This study highlights the importance of developing analytical methods and procedures to assess and compare the status of bat populations. Conservation begins with knowing the condition of the species, so all mitigation measures must start with knowledge of each population.

Key words: chiropterans, bats, insectivorous, Spain, urban, conservation, threats.

1. INTRODUCCIÓN

Los quirópteros constituyen el segundo orden de mamíferos más diverso del planeta y uno de los más amenazados. Ofrecen importantes servicios ecosistémicos, entre los que destacan, especialmente gracias a los murciélagos insectívoros, la reducción de plagas agrícolas y el control de insectos, considerados uno de los principales vectores de enfermedades. Estos animales ocupan una amplia variedad de nichos, incluyendo zonas urbanas, aportando gran biodiversidad a los ecosistemas en los que se encuentran. Sin embargo, en dichos entornos urbanos sus poblaciones se han visto reducidas debido a las nuevas dificultades que enfrentan y a los cambios de urbanización tan drásticos y acelerados que se están produciendo en la actualidad.

El presente trabajo consiste en una revisión bibliográfica de los artículos científicos disponibles *online* que hacen referencia a las amenazas y a las medidas de conservación aplicables a los quirópteros insectívoros urbanos.

Entre las amenazas más relevantes se encuentran, entre otras, el desconocimiento y la falta de información por parte de la población; la escasez, destrucción y perturbación de sus lugares de descanso y/o reproducción; y la degradación, alteración y fragmentación del hábitat.

En cuanto a las medidas de conservación, destacan principalmente, en primer lugar, la necesidad de investigación, así como el desarrollo y cumplimiento obligatorio de la legislación; y, en segundo lugar, la sensibilización ambiental de la población y la promoción de una reconciliación urbana que permita la coexistencia con estos animales.

Derivado de la necesidad de investigación, este documento incluye también un listado de factores urbanísticos que influyen sobre los murciélagos. Entre ellos destacan la presencia de cobertura vegetal, la densidad de viviendas, la luz artificial nocturna y la disponibilidad de refugios y agua. Asimismo, se subraya la importancia de las múltiples adaptaciones que han desarrollado las distintas especies de quirópteros, tales como especializaciones en vuelo, ecolocalización y caza, requerimientos de hábitat y morfología específica de las alas.

Finalmente, este trabajo enfatiza la importancia de estudiar los murciélagos insectívoros urbanos y periurbanos en cada área o zona específica antes de implementar medidas de conservación. De este modo, se podría reflejar con mayor precisión la realidad de cada población y desarrollar acciones mitigadoras más efectivas y adaptadas a cada situación particular.

Para la elaboración de esta monografía se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en distintas plataformas de datos científicos *online*, siendo las más destacadas Scopus, Google Scholar y SciELO. Para la búsqueda de artículos se emplearon las siguientes palabras clave, en distintos órdenes y conjugaciones: “Quirópteros”, “Murciélagos”, “Insectívoros”, “España”, “Urbanos” y “Conservación”.

A partir de esta búsqueda y tras un cribado de selección, se obtuvieron 40 documentos, incluyendo artículos, libros y páginas web relevantes. Dicho cribado inicial consistió, en términos generales, en seleccionar aquellos artículos que detallaran la situación actual de los quirópteros urbanos, ya fuese centrado en una única especie o de manera general, así como la implicación de estos animales en los entornos urbanos y el impacto de los nuevos modelos de urbanización y estilos de vida sobre sus poblaciones.

Con el fin de obtener una visión más completa de la realidad y poder extraer reflexiones y conclusiones más sólidas, en un primer momento se realizó una búsqueda sin límites geográficos ni temporales. Finalmente, y para mantener cierta actualidad, se consideraron únicamente los artículos publicados a partir del año 2000, siendo el más antiguo utilizado en esta monografía de 2004. A continuación, en la *Figura 1*, se presenta un gráfico que muestra el número de artículos publicados por año.

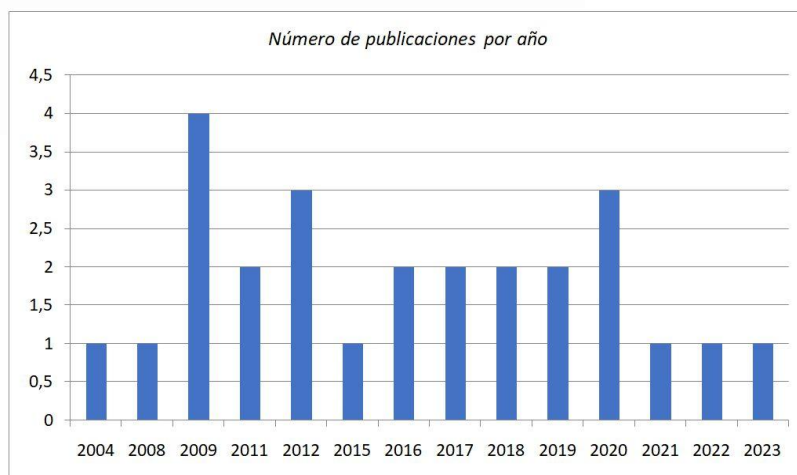


Figura 1. Representación del número de artículos relacionados con la conservación de quirópteros y ambientes urbanos publicados por año entre 2004 y 2023. *Elaboración propia.*

2. LOS QUIRÓPTEROS

Los murciélagos constituyen el orden Chiroptera (nombre procedente del griego χείρ [cheir], 'mano' y πτερό [pteron], 'ala'), y su característica más destacada es que son los únicos mamíferos capaces de volar. Representan el segundo orden de mamíferos más diverso del planeta, después de los roedores, con 1.440 especies conocidas hasta la fecha, lo que equivale a aproximadamente una quinta parte de los mamíferos terrestres, es decir, más del 20 % (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012; Russo *et al.*, 2021; Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019; IUCN, 2016; SECEMU, s.f.). A efectos de claridad, en el presente trabajo los términos 'murciélagos' y 'quirópteros' se utilizarán indistintamente para referirse a los integrantes del orden Chiroptera.

Dicha diversidad les confiere una gran variedad de adaptaciones conductuales, morfológicas y fisiológicas, que les permite habitar la mayoría de los ecosistemas y ocupar una amplia gama de nichos ecológicos, extendiéndose por todo el globo, excepto por los polos (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019, SECEMU, s.f.). No obstante, como se analizará a lo largo de este trabajo, no todas las especies de murciélagos pueden prosperar en todos los ambientes y, de hecho, se encuentran entre los grupos de mamíferos más amenazados (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019; IUCN, 2016).

Un ámbito de gran relevancia es su alimentación, de la cual derivan muchas de las ventajas ecológicas que proporcionan (Russo & Ancillotto, 2015; SECEMU, s.f.; Noriega, 2018). Según su dieta, se dividen en:

- Insectívoros: constituyen la gran mayoría de las especies, aproximadamente el 70 %.
- Frugívoros y nectarívoros: representan alrededor del 25 %.
- Carnívoros o piscívoros: apenas un 3 % de las especies.
- Hematófagos: incluye tan solo tres especies, aunque son las más conocidas en la cultura popular.

Los quirópteros, en gran medida gracias a sus hábitos alimenticios, desempeñan un papel clave en numerosos procesos ecológicos, actuando como:

- Polinizadores de plantas (principalmente los nectarívoros).
- Dispersores de semillas (fundamentalmente los frugívoros).
- Controladores de insectos y plagas (los insectívoros).
- Monitores de determinados hábitats, por su sensibilidad a los cambios ambientales.
- Generadores de fertilizante de alta calidad mediante su guano.

Su actividad repercute positivamente en la agricultura y en la formación, regeneración y mantenimiento de bosques, proporcionando servicios ecosistémicos esenciales de valor incalculable (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012; Russo *et al.*, 2021; IUCN, 2016; Russo & Ancillotto, 2015; Printz & Jung, 2023; SECEMU, s.f.; Noriega, 2018). Asimismo, la disminución de murciélagos repercute negativamente en otras especies, traduciéndose en pérdidas de biodiversidad que afectan tanto a la flora como a la fauna. La IUCN, en la resolución 019 sobre la protección de murciélagos frente al sacrificio selectivo (IUCN, 2016), reconoció que dichos servicios “ascienden a miles de millones de dólares anuales a nivel mundial, pero rara vez se evalúan o consideran en las cuentas de capital natural y en las decisiones políticas”.

Aunque en determinadas ocasiones los murciélagos pueden suponer riesgos para la salud pública, al ser portadores de agentes patógenos y enfermedades como histoplasmosis, rabia, leptospirosis y encefalitis equina (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012), estos casos representan una proporción reducida en comparación con los beneficios ecosistémicos que aportan, los cuales pueden maximizarse mediante un adecuado manejo y control sanitario.

Muchas especies hibernan durante el invierno hasta la primavera, o estivan en verano, en respuesta a las bajas y altas temperaturas, respectivamente, así como a la escasez de alimento en determinadas épocas del año. Estos periodos son críticos, ya que la elevación de la temperatura durante el vuelo y la caza, ausente en estados de reposo, ayuda a controlar virus, bacterias y hongos patógenos. Por ello, durante la hibernación o estivación aumenta su sensibilidad a determinadas enfermedades (SECEMU, s.f.).

Los quirópteros son animales relativamente pequeños, aunque presentan gran variabilidad en tamaño y peso (por ejemplo, los insectívoros miden entre 4 y 16 cm de longitud y pesan entre 2 y 20 g). No obstante, presentan longevidad notable (más de 30 años), bajas tasas de reproducción (una cría por año) y altas tasas metabólicas, lo que requiere un suministro diario de presas. Estas características los hacen muy susceptibles a perturbaciones del hábitat y a reducciones poblacionales, de las cuales se recuperan lentamente. Este último aspecto constituye uno de los problemas más difíciles de resolver en ecología, cuyos efectos no se perciben a corto plazo, complicando su gestión (IUCN, 2016; Gili *et al.*, 2020).

En particular, los murciélagos insectívoros consumen entre el 25 y el 50 % de su masa corporal en insectos durante una sola noche, pudiendo alcanzar incluso entre el 80 y el 100 %. Gracias a la diversidad de presas que consumen [lepidópteros, coleópteros, neurópteros, dípteros y hemípteros], no solo contribuyen al control de plagas agrícolas, sino también a la reducción de vectores de enfermedades transmitidas por insectos, como los mosquitos (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012; Russo & Ancillotto, 2015; Printz & Jung, 2023; SECEMU, s.f.).

Un estudio de 2021 (Russo *et al.*, 2021), planteó la utilización de los murciélagos como bioindicadores de distintos contextos ambientales, incluyendo cambio climático, sostenibilidad urbanística, edad de los bosques o contaminación por metales en ecosistemas acuáticos, debido a su sensibilidad a factores estresantes antropogénicos y a alteraciones ambientales. Para seleccionar especies bioindicadoras eficaces, estas deben mostrar respuestas rápidas y claras frente a cambios ambientales y causas identificables.

Sin embargo, el estudio determinó que el uso de quirópteros como bioindicadores ecológicos era limitado, dado que sus poblaciones responden a un conjunto complejo de factores ambientales y antrópicos que actúan de manera sinérgica. No obstante, pueden funcionar como monitores en sistemas fluviales, por su presencia constante a lo largo de los ríos; frente al cambio climático, por su sensibilidad a variaciones de temperatura y disponibilidad de agua; y frente a determinados contaminantes (pesticidas, metales pesados), debido a su posición elevada en la cadena trófica. Asimismo, Russo y Ancillotto (2015) llevaron a cabo una revisión bibliográfica acerca de la sensibilidad de los murciélagos a la urbanización, concluyendo que la densidad poblacional podría no ser un indicador eficaz de su aptitud frente a la expansión urbana, debido al concepto de “trampa urbana”, que se analiza con más detalle en el siguiente apartado.

3. IMPORTANCIA DE LA URBANIZACIÓN

La urbanización es un proceso complejo de transformación del paisaje y del uso del suelo, cada vez más frecuente en la actualidad, a pesar de ser considerado uno de los cambios más perjudiciales para el medio ambiente y la biodiversidad (Gili *et al.*, 2020; Threlfall, Law & Banks, 2012). Este fenómeno promueve la fragmentación y transformación completa de los hábitats naturales, afectando directamente la estructura y composición de las comunidades de especies a través de cambios abióticos y bióticos (Russo & Ancillotto, 2015; Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). La expansión urbana altera la dinámica y la estructura de estas comunidades, con consecuencias sobre la riqueza y diversidad de especies específicas.

Aunque no existe un consenso universal sobre la definición de “entorno urbano”, generalmente se consideran áreas urbanas aquellas extensiones con más del 50 % de superficies impermeables, densidad superior a 10 personas/ha, temperaturas elevadas por la actividad humana y hábitats naturales reducidos o fragmentados. En la práctica, este concepto debe definirse para cada estudio o publicación, ya que puede abarcar desde centros urbanos densamente edificadas hasta áreas residenciales, grandes ciudades, pequeños asentamientos o incluso patios y parques dentro de las ciudades (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017; Jung & Threlfall, 2018). Se estima que, para el año 2050, aproximadamente el 70% de la población mundial vivirá en entornos urbanos, concentrándose la mayor parte de este crecimiento en ciudades pequeñas y medianas (menos de un millón de habitantes), más que en megaciudades (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

En relación con la fauna, los entornos urbanos facilitan la presencia de determinadas especies, dificultan el desplazamiento de otras y alteran la disponibilidad de recursos para la mayoría. Según sus adaptaciones, algunas especies se benefician y otras se ven perjudicadas por la urbanización; así, las especies generalistas y flexibles dominarán frente a las más sensibles o especializadas (Russo & Ancillotto, 2015; Threlfall, Law & Banks, 2012; Jung & Threlfall, 2018). En función de su tolerancia a ambientes urbanos, las especies pueden clasificarse en distintos grupos (Threlfall, Law & Banks, 2012), originalmente desarrollados para estudios aviares, pero extrapolables a otros órdenes y taxones:

- Evasores urbanos: extremadamente sensibles, desaparecen rápidamente de los paisajes urbanos.
- Adaptadores urbanos: se adaptan a hábitats urbanos al mismo tiempo que utilizan recursos naturales.
- Explotadores urbanos: dependen casi completamente de los recursos proporcionados por los humanos.

Dentro de este último grupo destacan las especies sinúrbicas, aquellas que presentan mayor densidad poblacional en entornos urbanos que en hábitats naturales, contribuyendo a la riqueza de la biodiversidad urbana (Russo & Ancillotto, 2015). Estas especies suelen mostrar rasgos conductuales o ecológicos adaptados a los desafíos y oportunidades de los entornos urbanos, derivados de la plasticidad fenotípica o de procesos evolutivos.

En el mismo estudio (Russo & Ancillotto, 2015) se introduce el concepto de trampa ecológica, definido como un hábitat de baja calidad para la reproducción y supervivencia que, sin embargo, es preferido frente a otros hábitats disponibles de mayor calidad. Por ello, los autores de este artículo sostienen que la alta densidad poblacional de algunas especies en áreas urbanas podría ser un indicador engañoso de aptitud biológica; algunos biotopos urbanos actúan, de hecho, como trampas ecológicas para los murciélagos. Por ejemplo, *Myotis lucifugus* presenta mejores condiciones corporales y mayor producción de juveniles en hábitats de transición entre áreas urbanas y rurales, mientras que las poblaciones urbanas densas muestran menor desarrollo físico y reproductivo, posiblemente debido a mayor competencia por alimento, estrés, transmisión de enfermedades o contaminación acústica.

Cada vez existen más estudios que demuestran que los quirópteros, al igual que otros animales, se ven fuertemente afectados por la urbanización, presentando cambios en la diversidad de especies, tamaño de las poblaciones y comportamiento (Russo & Ancillotto, 2015; Printz & Jung, 2023; Gili *et al.*, 2020; Threlfall, Law & Banks, 2012; Jung & Threlfall, 2018). La adaptación urbana puede “conducir a la exclusión de especies o al ajuste del comportamiento y la ecología, desde los patrones de alimentación hasta la reproducción y la respuesta al estrés” (Russo & Ancillotto, 2015). Los efectos de la urbanización varían entre especies y contextos ecológicos. Algunos estudios como el de Rodríguez-Aguilar *et al.* (2017) muestran que la riqueza de especies de murciélagos no se altera por las distintas condiciones urbanas, aunque sí la composición de las comunidades; mientras que otros estudios indican que no solo se afecta la riqueza sino también otros índices y factores.

Una de las influencias más importantes se da en los murciélagos insectívoros, afectados directa e indirectamente por la creciente urbanización, cambios en el paisaje y variaciones en la densidad de alimento (Threlfall, Law & Banks 2012). Esto contrasta con la idea que se tenía hasta hace relativamente poco tiempo de que los murciélagos, debido a su capacidad de vuelo y por tanto mayor rango de movilidad, eran más tolerantes a la fragmentación típica de las áreas urbanas (Gehrt & Chelsvig, 2004; Gehrt & Chelsvig, 2008). Sin embargo, como se analizará, esta percepción es más compleja y requiere explicaciones detalladas.

La urbanización también afecta indirectamente a los quirópteros al alterar la disponibilidad de insectos. Afecta gravemente a la densidad, provocando disminuciones poblacionales en grupos taxonómicos de gran importancia para su alimentación (Russo & Ancillotto, 2015;

Threlfall, Law & Banks, 2012). Russo & Ancillotto (2015) demostraron una disminución de la biomasa y la actividad de forrajeo en zonas de alta densidad de viviendas, aunque no se detectó ninguna relación esperada con la cobertura vegetal. El aumento de superficies impermeables reduce la productividad primaria en zonas altamente urbanizadas. Jung y Threlfall (2018) observaron que el estatus de conservación según la IUCN no se asocia con la tolerancia urbana, lo que evidencia que la urbanización no es la única amenaza para estos animales.

A nivel global, la expansión e intensificación urbana provoca disminución de la riqueza de murciélagos, al descender las especies sensibles y solo permanecer las especies tolerantes. Esto pone en riesgo la biodiversidad global y a menudo conduce a una homogeneización taxonómica y funcional (Jung & Threlfall, 2018) al imponer condiciones ambientales severas y filtrar así los tipos de especies presentes. Dicho proceso lo describen Threlfall, Law & Banks (2012) mediante el término "homogeneización biótica": "unas pocas especies ganadoras reemplazan a muchas perdedoras". Los impactos negativos de dicho crecimiento urbano incluyen pérdida y fragmentación del hábitat; mortalidad vial; alta densidad de depredadores domésticos; contaminación física y química, incluyendo ruido e iluminación artificial; y la interferencia directa humana. No obstante, la urbanización puede favorecer a algunas especies que logran prosperar en entornos urbanos, aprovechando recursos alterados, temperaturas elevadas, protección frente a depredadores y mayores oportunidades de descanso y alimento.

La gran diversidad del orden Chiroptera permite que las respuestas a la urbanización varíen significativamente entre especies, respondiendo de forma desigual a la composición del paisaje y la estructura del hábitat (Russo *et al.*, 2021; Russo & Ancillotto, 2015; Threlfall, Law & Banks, 2012; Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017; Jung & Threlfall, 2018; Ancillotto *et al.*, 2019). La variedad de adaptaciones es tan amplia que muchas repuestas pueden considerarse casi especie-específica, siendo esencial una perspectiva de especie para evaluar los efectos de la urbanización. Géneros como *Barbastella*, *Myotis* y *Plecotus* son especialmente vulnerables (Gili *et al.*, 2020), mientras que especies generalistas como *P. kuhlii*, *P. pipistrellus* y *Hysugo savii* encuentran mayores oportunidades en zonas urbanizadas (Russo & Ancillotto, 2015). *Nyctalus noctula*, típicamente forestal, puede, por ejemplo, explotar insectos atraídos por luz artificial en las ciudades (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009; Voigt *et al.*, 2020). Los parques urbanos, estanques y cuerpos de agua, así como lagos y bosques discontinuos, proporcionan hábitats seminaturales que benefician tanto a especies adaptadoras como explotadoras urbanas (Printz & Jung, 2023; Gili *et al.*, 2020; Tena *et al.*, 2020; Ancillotto *et al.*, 2019).

Dado que los impactos de la urbanización dependen de las características ecológicas de las especies, es cada vez más necesario realizar estudios individualizados, identificando especies sensibles o tolerantes, sus requisitos de hábitat y sus respuestas específicas frente

a los diferentes conjuntos urbanos. Además, las respuestas también varían entre regiones geográficas, por lo que las generalizaciones deben tomarse con cautela y adaptarse a cada población y biorregión (Threlfall, Law & Banks, 2012; Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017; Jung & Threlfall, 2018; Gehrt & Chelsvig, 2008).

Investigar y comprender los efectos de la urbanización sobre los murciélagos urbanos permitirá vislumbrar ciertas incógnitas de estos animales, así como desarrollar estrategias de conservación más eficaces que nos ayuden a preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrecen (Tena *et al.*, 2020; Threlfall, Law & Banks, 2012; Jung & Threlfall, 2018; Ancillotto *et al.*, 2019). La investigación sobre el efecto de la urbanización está aumentando, pero aún se requiere información detallada para evaluar el papel de especies silvestres y domésticas en ecosistemas urbanos y para saber cómo influye la urbanización en su distribución y provisión de servicios ecosistémicos (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Para poder llevar a cabo planes de conservación efectivos, debemos entender las relaciones existentes entre las especies animales y el hábitat donde se desarrollan, en este caso, entre los murciélagos insectívoros y las áreas urbanas. Por ello, los esfuerzos se centran actualmente en identificar especies sensibles y tolerantes, estudiar sus requisitos de hábitat, integrar fauna y flora en la planificación urbana, crear hábitats que apoyen la biodiversidad en zonas urbanizadas y minimizar los impactos de la urbanización sobre la fauna (Gili *et al.*, 2020; Threlfall, Law & Banks, 2012; Gallo *et al.*, 2018).

4. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS URBANOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

En la extensa región mediterránea se encuentran hasta 61 especies de murciélagos (*Anexo 1*), de las cuales 34, más de la mitad, se pueden hallar en España (*Anexo 2*). Además, aproximadamente un 15,6 % de estas especies son endémicas del Mediterráneo, lo que implica una necesidad de conservación y preservación aún mayor (*Anexo 3*). Desde una perspectiva continental, Europa alberga 54 especies de murciélagos, y España presenta más de la mitad de ellas, consolidándose como un país de gran biodiversidad digna de proteger (Mediterráneo, s.f.; SECEMU, s.f.).

De las 34 especies presentes en España, 8 se alimentan, refugian o habitan de forma habitual en zonas urbanas. A continuación, se muestra un listado de estas especies junto con su categoría de conservación en Europa, el Mediterráneo y España, según la Lista Roja de la IUCN (<https://www.iucnredlist.org/>) para las primeras dos y según la Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos (SECEMU, <https://secemu.org/especies-murcielagos-espana-portugal-gibraltar/>) para el ámbito estatal.

- Murciélago grande de herradura (*Rhinolophus ferrumequinum*)
 LC en Europa NT en Mediterráneo NT en España
- Murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*)
 LC en Europa NT en Mediterráneo NT en España
- Murciélago enano (*Pipistrellus pipistrellus*)
 LC en Europa DD en Mediterráneo DD en España
- Murciélago de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*)
 LC en Europa LC en Mediterráneo DD en España
- Murciélago de borde claro (*Pipistrellus kuhlii*)
 LC en Europa LC en Mediterráneo DD en España
- Murciélago hortelano (*Eptesicus serotinus*)
 LC en Europa DD en Mediterráneo DD en España
- Murciélago hortelano pardo (*Eptesicus isabellinus*)
 LC en Europa DD en Mediterráneo DD en España
- Orejudo gris (*Plecotus austriacus*)
 NT en Europa NT en Mediterráneo NT en España

El estudio y protección de estas especies urbanas permite también conservar de manera indirecta otras que utilizan construcciones humanas de forma menos frecuente o esporádica, las cuales se detallan a continuación:

• Murciélago ratonero grande (<i>Myotis myotis</i>)	LC en Europa	LC en Mediterráneo	VU en España
• Barbastela (<i>Barbastella barbastellus</i>)	VU en Europa	NT en Mediterráneo	NT en España
• Murciélago ratonero mediano (<i>Myotis blythi</i>)	VU en Europa	NT en Mediterráneo	VU en España
• Murciélago de Madeira (<i>Pipistrellus maderensis</i>)	EN en Europa	NT en Mediterráneo	NT en España
• Nóctulo mediano (<i>Nyctalus noctula</i>)	LC en Europa	LC en Mediterráneo	VU en España
• Murciélago rabudo (<i>Tadarida teniotis</i>)	LC en Europa	LC en Mediterráneo	NT en España
• Orejudo dorado (<i>Plecotus auritus</i>)	LC en Europa	NT en Mediterráneo	NT en España

Estas especies se clasifican en función de su hábitat: cavernícolas, fisurícolas, forestales o urbanas. Sin embargo, cambios en el comportamiento relativos a alimentación, refugio y reproducción han permitido que especies típicamente forestales se establezcan en áreas urbanas, aumentando con ello el número de especies afectadas por las amenazas, pero también beneficiadas por las medidas de conservación y mitigación.

El análisis gráfico (*Figura 2*) del estatus de conservación de los murciélagos urbanos en Europa, el Mediterráneo y España evidencia el estado crítico de muchas especies y subraya la necesidad de continuar investigando y protegiendo este grupo de mamíferos.

	EUROPA	MEDITERRÁNEO	ESPAÑA
Datos insuficientes (DD)	0/14	3/14	4/14
Preocupación menor (LC)	10/14	4/14	0/14
No amenazado (NT)	1/14	7/14	7/14
Vulnerable (VU)	2/14	0/14	3/14
En peligro (EN)	1/14	0/14	0/14
En estado crítico (CR)	0/14	0/14	0/14

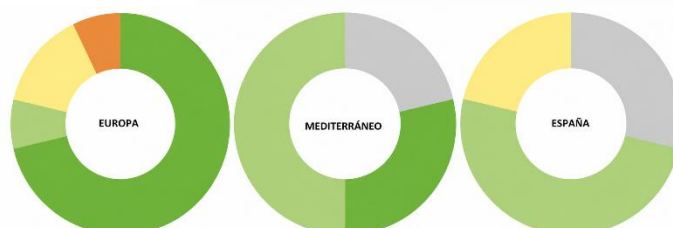


Figura 2. Análisis sobre el estatus de conservación de los murciélagos urbanos en Europa, Mediterráneo y España. *Elaboración propia.*

5. AMENAZAS ACTUALES RELATIVAS A LOS MURCIÉLAGOS URBANOS

El abordaje de la conservación de cualquier especie, en este caso concreto de los murciélagos insectívoros, comienza por identificar y tener en cuenta todas las amenazas reales a las que se exponen, ya que conociendo dichas amenazas se podrán dirigir las distintas medidas y estrategias de conservación de una forma más efectiva y duradera.

Aunque, en general, los murciélagos reaccionan de forma adversa a los factores estresantes antropogénicos (el aumento de temperatura, niveles de ruido, fragmentación del hábitat y contaminación lumínica...), las amenazas pueden variar según la especie y el área de distribución. En este apartado se presenta una recopilación de las amenazas (*Tabla 1*), tanto establecidas como emergentes, que enfrentan los murciélagos en el siglo XXI, independientemente de la región y sin hablar de ninguna especie en concreto. Hay que tener en cuenta que cada estudio y plan de conservación debería ser específico para una especie y una biorregión concreta.

Tabla 1. Recopilatorio de las principales amenazas que enfrentan los murciélagos en el siglo XXI. *Elaboración propia.*

Amenazas actuales de los quirópteros	
1. Mala imagen y reputación	6. Cambio climático
2. Depredación de animales oportunistas	7. Enfermedades
3. Degradación, alteración, fragmentación y destrucción del hábitat	8. Bajas por colisión con aerogeneradores
4. Encuentros y problemática con la población	9. Falta de estudios
5. Escasez y perturbación de sus refugios	10. Incumplimiento de la ley

El primer problema que trataremos y al que se enfrentan los murciélagos es la mala reputación e imagen que tienen, debido, entre otros motivos, a su aspecto físico peculiar y poco atractivo para la población, así como a las leyendas siniestras sobre murciélagos hematófagos (SECEMU, s.f.; Noriega, 2018). Una de las mayores amenazas en este ámbito es el desconocimiento y la falta de información por parte de la población hacia estos seres, que se ve incluso más agravada por la imagen negativa que se da de los murciélagos en los medios populares (IUCN, 2016; Weller, Cryan & O'Shea, 2009; SECEMU, s.f.; Noriega, 2018).

La mala reputación alcanza tal magnitud que se han registrado mortalidades directas y sacrificios selectivos a manos del hombre, al considerarlos vectores de enfermedades zoonóticas como la rabia, al destruir colonias presentes en edificios o a mano de agricultores que ven amenazados sus cultivos ante su presencia (IUCN, 2016; Russo & Ancillotto, 2015; Mediterráneo, s.f.; Weller, Cryan & O'Shea, 2009; SECEMU, s.f.). Como se señala en el artículo de Russo y Ancillotto (2015): “los murciélagos pueden ser excluidos de las casas debido al daño resultante de la acumulación de excrementos, debido a las preocupaciones sobre la posible transmisión de enfermedades a los humanos o por simple intolerancia psicológica a la proximidad de los murciélagos”.

Es también llamativo que en algunos lugares de la región mediterránea se sigan cazando actualmente especies que habitan en cuevas para la medicina tradicional (Mediterráneo, s.f.). La información errónea o exagerada de que los murciélagos causan daños económicos posee un impacto negativo en la cosecha de frutas, al igual que la idea de que transmiten enfermedades que afectan a la salud humana exacerba el conflicto humano-animal con estas especies (IUCN, 2016).

Se han dado incluso casos de gobiernos que legalizan, toleran y recurren al sacrificio selectivo de murciélagos para atajar el problema de sanidad pública, sin tener una base científica de apoyo y dando pie posteriormente a reacciones en la población, la cual, por ejemplo, ataca directamente a murciélagos en sus refugios, justificándose en el temor a las enfermedades (IUCN, 2016; Weller, Cryan & O'Shea, 2009). Desde un punto de vista numérico, los quirópteros no están entre los mamíferos más representados como reservorios de patógenos zoonóticos (Weller, Cryan & O'Shea, 2009), pero el estudio de dichas enfermedades es cada vez mayor, teniendo muchas de estas graves consecuencias en las personas (Ébola, SARS, Marburg, Hendra y Nipah virus), agravando el miedo de la población hacia estos animales.

Cuando se mira la situación desde un prisma epidemiológico, dicho sacrificio, técnicamente empleado para reducir la transmisión de enfermedades, posee un efecto contrario, ya que incrementa el riesgo para las poblaciones humanas al aumentar la tasa de contacto entre personas y murciélagos y provocar cambios en las dinámicas de transmisión de las enfermedades entre los propios quirópteros, que se ven aumentadas, por ejemplo, ante situaciones de estrés (IUCN, 2016).

Theodore J. Weller y sus compañeros subrayaron en uno de sus artículos (Weller, Cryan & O'Shea, 2009) la lucha entre los científicos y los ecologistas en relación a los estudios virológicos en quirópteros. Debido a su asociación con enfermedades de alto interés para los humanos, el número de artículos publicados sobre murciélagos y enfermedades ha aumentado drásticamente. Según ellos, dichos estudios han sido llevados a cabo por virólogos con poca experiencia en ecología de quirópteros y, una vez traspasados a los

medios populares y descontextualizados de su país y situación, han complicado los esfuerzos por mejorar la imagen social de los murciélagos. Esto ha generado tensiones entre virólogos y ecologistas, al ver estos últimos comprometidos los intentos de conservación con el aumento de la atención negativa y las malas interpretaciones. Como respuesta, en vez de una colaboración entre virólogos y ecologistas, se ha optado por un tono adverso y la desestimación de múltiples informes. Una estrategia no declarada y bastante peligrosa relativa a la desinformación que han tomado muchos conservacionistas ha sido minimizar la importancia potencial de las enfermedades por el miedo a que reconocer su importancia socavase los esfuerzos de conservación. Sin embargo, dicha estrategia puede ser contraproducente, y el hecho de que los investigadores no reconozcan y aborden la aparición de enfermedades en las poblaciones de murciélagos podría traer mayores y peores consecuencias.

Otro de los temas actuales en cuanto a biodiversidad y urbes es la presencia de animales oportunistas, especialmente de gatos domésticos callejeros (Russo *et al.*, 2021; Russo & Ancillotto, 2015). Permanecer en edificios puede exponer a los murciélagos a depredadores oportunistas que alcanzan densidades especialmente altas en entornos urbanos, incluidos cuervos, cernícalos, gaviotas, ratas, perros y gatos domésticos. También se ha observado que los búhos capturan más murciélagos en asentamientos humanos que en hábitats naturales, probablemente debido a la proximidad entre los refugios de búhos y murciélagos, así como al fácil acceso a los murciélagos en hábitats urbanos no boscosos (Russo & Ancillotto, 2015).

Estos estudios están cobrando cada vez más importancia en multitud de investigaciones, independientemente de la especie objetivo, pero todavía hay que seguir estudiando e indagando, pues se ha prestado poca atención a los posibles impactos de las especies no nativas que invaden los entornos urbanos, al presuponer que dichos entornos tienen una baja biodiversidad, representada principalmente por especies comensales humanas comunes y extendidas (Hernández-Brito *et al.*, 2018). Además, cuando los cambios en la abundancia y distribución de las especies son graduales, tienden a pasar desapercibidos. Los gatos cobran especial importancia al considerarse una de las principales causas de descenso poblacional de especies urbanas y periurbanas. Son animales oportunistas, depredadores de gran cantidad de pequeños animales e insectos, afectando a multitud de micromamíferos, entre ellos los murciélagos, que ven limitada la posibilidad de establecimiento de sus poblaciones debido a la presencia de estos felinos.

Pero, sin duda, la mayor amenaza cuando se habla de urbanismo es la degradación, alteración, fragmentación y destrucción del hábitat. Los murciélagos se ven afectados por la construcción de carreteras, que no solo dividen el hábitat o interrumpen rutas de desplazamiento entre refugios y zonas de caza, sino que también aumentan la mortalidad por colisiones y atropellos (Russo & Ancillotto, 2015; Gili *et al.*, 2020). Asimismo, la

construcción de proyectos urbanísticos (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012; Russo & Ancillotto, 2015; Gehrt & Chelsvig, 2004) destruye cada vez más los pocos espacios naturales en la periferia de la ciudad que sirven de refugio y fuente de alimentación para murciélagos tanto forestales como urbanos y en migración, los cuales ven aquí una zona de descanso en su larga travesía. Una de las grandes zonas de refugio y alimentación para los murciélagos la constituye la vegetación de ribera, que también se ve destruida por muchas de las acciones y gestiones urbanas (Mediterráneo, s.f.).

La expansión e intensificación de las actividades agrícolas (Mediterráneo, s.f.) también afecta a los murciélagos principalmente en dos vertientes: por una parte, debido a la pérdida de hábitats naturales y seminaturales y la modificación de los mismos hacia campos de cultivo; y por otra parte, por la disminución tanto de la cantidad como de la variedad de especies presas debido al uso de plaguicidas.

Las ciudades son además fuente de ruido antropogénico y urbano (Russo *et al.*, 2021; Russo & Ancillotto, 2015; Gili *et al.*, 2020), de contaminación lumínica por la iluminación artificial (Russo & Ancillotto, 2015; Gili *et al.*, 2020; Voigt *et al.*, 2020) y de contaminación física y química (Russo & Ancillotto, 2015; Weller, Cryan & O'Shea, 2009). Con respecto a esta última, destaca el uso de pesticidas (Mediterráneo, s.f.) que puede provocar tanto la intoxicación directa como la reducción de las fuentes de alimento. Aunque se conoce mucho acerca de los contaminantes del pasado, los cuales causan altas mortalidades en juveniles y adultos durante la hibernación y migración, y algunos de los cuales todavía permanecen en circulación, Theodore J. Weller, en uno de sus artículos (Weller, Cryan & O'Shea, 2009), puso de manifiesto una caída en la literatura de estudio de este tema, y a pesar de que han surgido cientos de nuevas amenazas químicas potenciales, los estudios han descendido de 42 llevados a cabo durante 1970-1989, a 23 artículos durante el periodo 1990-2007, a solo 1 estudio publicado entre 2007 y 2012.

También se resalta en ese mismo artículo que los impactos de contaminantes ambientales modernos, como las nuevas generaciones de insecticidas, serán más difíciles de detectar al no acumularse en tejidos y/o al provocar efectos subletales que induzcan una incapacidad subletal prolongada. Hay que tener en cuenta que los murciélagos, al encontrarse en niveles altos de la cadena trófica, acumulan metales pesados y otros tóxicos, que suponen una amenaza para su supervivencia (Russo *et al.*, 2021).

Con respecto a la iluminación artificial nocturna en parques recreativos, por ejemplo, a menudo se instalan por razones estéticas o de seguridad, con efectos perjudiciales para la vida silvestre en general y los murciélagos en particular. Las ALAN, que así se llaman por sus siglas en inglés (Artificial Light at Night), pueden reducir sustancialmente la calidad del entorno y desconectar hábitats, lo que lleva a sugerir que reducir la iluminación puede restablecer la conectividad del hábitat en los paisajes urbanos (Ancillotto *et al.*, 2019; Voigt

et al., 2020). En general, aunque algunas especies de murciélagos se benefician de las ALAN en entornos urbanos, al menos cuando buscan alimento, la mayoría de las especies las evitan rutas de viaje, lugares de alimentación y lugares de bebida iluminados (Voigt *et al.*, 2020).

Ancillotto *et al.* (2019) pusieron de manifiesto que la iluminación cerca de los estanques puede alterar o impedir el acceso de los murciélagos a dichos sitios, cortando las rutas de desplazamiento y aumentando las distancias recorridas entre los refugios y los sitios de alimentación o bebida. En este mismo ámbito, el grupo de investigación liderado por Voigt, C. C. (Voigt *et al.*, 2020) puso de manifiesto que los nóctulos comunes (*Nyctalus noctula*) se alimentaban cerca de las ALAN solo junto a cuerpos de agua o zonas con abundante vegetación, probablemente para aprovechar los enjambres de insectos atraídos por las farolas, mientras que evitaban las carreteras iluminadas, independientemente de la vegetación cercana. También pusieron de manifiesto que incluso los murciélagos tolerantes a ciertos niveles de ALAN en un contexto de alimentación, como los *Pipistrellus*, pueden, en última instancia, sufrir de altos niveles de iluminación en áreas urbanas.

Como ocurre con otras especies, los murciélagos son agentes partícipes de un conflicto humano-animal, dando pie a otra de sus grandes amenazas: los encuentros y la problemática con la población. Los principales altercados derivan de la coexistencia entre las poblaciones humanas y las colonias de murciélagos al encontrar estos sus zonas de descanso y refugios en cuevas, árboles o edificaciones donde pueden coincidir con personas. Los quirópteros se congregan tanto en época reproductora para la cría como en época de hibernación para dormir en diferentes lugares, y muchas de las alteraciones y destrucciones de sus refugios se deben a actividades humanas (Mediterráneo, s.f.), como por ejemplo:

- El turismo y las actividades de espeleología en las cuevas.
- El uso de las cuevas por los pastores: como establo para el ganado o como refugios para encender fuegos.
- La colocación de portones inadecuados en las entradas de las cuevas.
- La retirada de árboles viejos de los bosques, parques y jardines.
- El tratamiento de la madera en los tejados de los edificios.
- La transformación de las buhardillas.
- La restauración de edificios y puentes.

En relación al anterior punto y a la gestión de las zonas verdes, destaca la escasez de refugios naturales como grietas en árboles urbanos debido a la retirada y/o tala de árboles viejos de los bosques, parques y jardines. Una de las especies que merece ser destacada por esta amenaza es el Nóctulo gigante (*Nyctalus lasiopterus*) (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009). Una de las poblaciones más grandes hasta ahora conocidas de esta especie

se encuentra en el suroeste de España, donde la gestión de parques conlleva la tala de árboles viejos y huecos, refugios idóneos para estos animales tan amenazados.

Romeo A. Saldaña-Vázquez puso de manifiesto en uno de sus artículos (Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019) que la escasez de refugios en las zonas alejadas de la ciudad aumenta la probabilidad de encuentros con murciélagos, lo que retroalimenta la problemática humano-animal. Dependiendo de la especie de quirópteros, estos establecen sus refugios en distintas zonas, como doubles techos, buhardillas o puentes. Estas especies más urbanitas ven destruidos y perturbados sus lugares de descanso y reproducción con la remodelación de casas antiguas, el uso de sustancias agresivas o tóxicas empleadas como tratamiento de la madera y por la restauración de edificios y puentes que sellan e inhabilitan huecos donde instalan sus refugios (Mediterráneo, s.f.; SECEMU, s.f.).

Una de las problemáticas actuales y que trasciende del ámbito urbano es el cambio climático, que tiene efectos tanto directos como indirectos. Los efectos directos se evidencian mediante fenómenos climáticos como las olas de frío en otoño o las inundaciones sufridas en cuevas por las tormentas de primavera y verano. Mientras que los efectos indirectos se muestran a distintos niveles: individual, de sexos, trófico o veterinario.

Estos efectos indirectos se deben a que las necesidades fisiológicas de los murciélagos están muy influenciadas por la temperatura y utilizan la termorregulación fisiológica y conductual para responder a los cambios tanto estacionales como diarios (Weller, Cryan & O'Shea, 2009). Aunque esto pueda hacerlos parecer más pre-adaptados en cierto modo a las variaciones, debido a que la temperatura influye en casi todos los aspectos de su ecología (hibernación, comportamiento reproductor, estrategia de búsqueda de alimento y refugio, distribución y selección de hábitat), esta y, por tanto, su conservación, se ven determinadamente influenciadas por el cambio climático (Russo *et al.*, 2021; Weller, Cryan & O'Shea, 2009).

Como se puede deducir de todo ello, los impactos de esta amenaza variarán en función de la especie, el sexo, la estación y el patrón de cambio climático de cada región geográfica:

- A nivel individual (Russo *et al.*, 2021; IUCN, 2016; Gili *et al.*, 2020; EUROBATS, s.f.; Weller, Cryan & O'Shea, 2009): los murciélagos, debido a la gran superficie corporal que presentan, son muy propensos a la deshidratación, requiriendo de ingresos de agua todos los días, ingresos que se ven afectados por la desertización y sequía. Además, la extensión de las condiciones frías y húmedas condicionará la supervivencia de los animales, viéndose más afectadas las especies más pequeñas al tener menor flexibilidad en el almacenamiento de energía. Asimismo, la aparición de épocas de mayor temperatura, tanto durante el invierno como durante el año,

provoca episodios de letargo más frecuentes pero menos profundos y prolongados, es decir, con mayores despertares, lo que conlleva un gasto energético devastador.

- A nivel de sexos (Weller, Cryan & O'Shea, 2009): las diferencias de temperatura pueden provocar cambios en los patrones de contacto entre hembras y machos, presentando una amenaza adicional para las poblaciones. Este escenario se da sobre todo en aquellas especies segregadas por sexos, es decir, aquellas en las que los machos y las hembras se encuentran separados, exceptuando las épocas de reproducción, ya que, debido a la alteración de las señales estacionales, ven modificados sus patrones de contacto (ya sea migración o apareamiento).

Se ha demostrado también que, ante condiciones inusualmente húmedas o secas, se ha retrasado o disminuido la reproducción en algunas especies de murciélagos, así como que, ante veranos más cálidos y largos, se han dado partos más tempranos y el crecimiento más rápido de las crías. Pero el cambio climático no solo afecta a nivel de la reproducción, sino también al comportamiento de machos y hembras por separado. Ante una misma situación de veranos cálidos y prolongados, mientras que las hembras y juveniles ven prolongados sus períodos de alimentación, lo que tiene efectos positivos en la reproducción y supervivencia, los machos adultos ven reducidos sus períodos de letargo, aumentando en gran medida su metabolismo y desgaste.

También, el incremento de la temperatura aumenta la frecuencia de cambio de refugio, con el riesgo que ello conlleva de accidentes, depredación o encuentro con personas. Si ese cambio de refugio coincide con la época de maternidad, se vería además disminuido el éxito reproductivo. Como también resumen Russo y Ancillotto (2015), el desplazamiento de colonias puede provocar la disrupción de los grupos sociales y un aumento de la mortalidad individual por exposición de los animales, así como una disminución del éxito reproductivo.

- A nivel trófico (Russo *et al.*, 2021; Weller, Cryan & O'Shea, 2009): como en el caso de los sexos, se puede dar una asincronía con las fenologías de sus presas, viéndose más afectados aquellas especies que dependen de un suministro a lo largo de sus rutas migratorias o en los puntos finales por cambios en el clima local.
- A nivel veterinario (Weller, Cryan & O'Shea, 2009; SECEMU, s.f.): se puede dar la aparición de enfermedades endémicas de otras zonas tropicales y subtropicales a las cuales no estén acostumbradas las poblaciones, generando una alta morbilidad y una gran mortalidad. Esto se debe a que los ciclos de transmisión de enfermedades en quirópteros se rigen en parte por la relación y proporción de tiempo en que los animales están activos e inactivos, es decir, interactuando entre sí o en reposo.

Mientras que muchos agentes patógenos se ven ralentizados o controlados con el aumento de temperatura que conllevan las épocas de actividad, otros agentes, en especial víricos, se ven estancados, suspendiendo la progresión de enfermedades en épocas de reposo. De este modo, el calentamiento climático no solo tiene el potencial de trasladar enfermedades, sino también de aumentar el período en el que los animales están en contacto entre sí y de disminuir el efecto amortiguador del letargo (Weller, Cryan & O'Shea, 2009).

El cambio climático se combina además con cambios antropogénicos en el uso del paisaje y la aparición generalizada de contaminantes químicos que ejercen una acción inmunosupresora en los quirópteros (Weller, Cryan & O'Shea, 2009). Con dichas alteraciones, no solo se ven alterados los ciclos de enfermedades, sino también aumentan la morbilidad de las mismas y la probabilidad de que se propaguen a otras especies.

También han incrementado y se han hecho más evidentes con el tiempo y el aumento de los estudios en otras especies y taxones las bajas directas por colisión con aspas de aerogeneradores (Gili *et al.*, 2020; Mediterráneo, s.f.; Weller, Cryan & O'Shea, 2009; Tellería, 2009; SECEMU, s.f.; National Geographic, 2018). Los efectos de las plantas de energía eólica en los animales voladores son un motivo de preocupación para la conservación porque las turbinas y los equipos asociados pueden matar o perturbar a los animales de su alrededor (Tellería, 2009).

Tanto Helen J. Temple y Annabelle Cuttelod en el Mediterráneo (s.f.) como Theodore J. Weller *et al.* en EE. UU. (Weller, Cryan & O'Shea, 2009) han puesto de manifiesto la creciente mortalidad que constituyen los parques eólicos, resaltando la importancia que cobran en las especies migratorias discretas las cuales suelen sufrir dichas bajas en momentos claves de migración y apareamiento. En España, el número de parques eólicos instalados ha aumentado drásticamente en los últimos años, y muchos se ubican en importantes áreas de vida silvestre.

El estudio realizado por Tellería (2009) ya reflejaba hace 15 años una estrategia deficiente para prevenir dicho solapamiento. En este estudio se evidenció que el número medio de especies de murciélagos en casillas ocupadas por plantas de energía eólica fue mayor que en las plazas libres de estas infraestructuras. Se observó además un número cada vez mayor de puntos críticos de aves y murciélagos en las áreas de amortiguación concéntricas definidas alrededor de las plantas de energía eólica; de hecho, el 54 % de los puntos calientes para murciélagos se ubicaron dentro de la zona de amortiguamiento. Estos datos ponen de manifiesto que gran parte del área de distribución de murciélagos y aves se encuentra dentro de las zonas de amortiguación alrededor de las plantas de energía eólica.

Es importante resaltar también que la tasa de colisiones suele estar relacionada con el

número de vuelos diarios que atraviesan centrales, lo que puede causar un grave problema de conservación para algunas especies en peligro de extinción, a pesar del aparente bajo porcentaje de su área de distribución ocupada por plantas de energía eólica, más aún cuando muchas de estas especies se ubican en un conjunto muy pequeño de cuadrados en el que cualquier impacto será perjudicial y trascendente para la conservación.

Una de las mayores lagunas de conocimiento con respecto a este tema es el número exacto de colisiones (Tellería, 2009). Se acepta comúnmente que los vertebrados voladores colisionan con las turbinas eólicas, pero no hay consenso sobre el número de individuos muertos por turbina y año. Estas cifras varían según la abundancia de vertebrados voladores, la ubicación de las plantas y algunos aspectos relacionados con la disposición y tipología de las turbinas. A pesar de la variabilidad de estas estimaciones y las dificultades para obtener cifras creíbles, particularmente en el caso de los murciélagos, es posible prever pérdidas de varios miles de murciélagos al año en España. La problemática adquiere mayor relevancia en estos animales, incapaces de reemplazar la pérdida acumulada de individuos al presentar bajas tasas de reproducción y gran longevidad.

Y por último, y aplicable a otros taxones o especies también “desconocidos”, es la falta de estudios. En un extenso análisis, Theodore J. Weller y otros compañeros (Weller, Cryan & O'Shea, 2009) pusieron de manifiesto que los estudios centrados en quirópteros mantenían un sesgo estacional y de género. Teniendo en cuenta que las estaciones que se nombran a continuación son en EE. UU., ellos evaluaron que la gran mayoría de estudios llevados a cabo hasta este momento se daban en agregaciones llamativas, como las que se encuentran en invierno debido a la hibernación o en épocas estivales, siendo mayormente de hembras por motivos de comportamiento. Mientras tanto, el estudio de machos, así como de actividad en los meses de primavera u otoño, quedaban sin cubrir. Con estos sesgos de estudio, la ecología de los murciélagos permanece incompleta, ya que quedan sin estudiar periodos como la reproducción o la migración, de gran importancia y coste energético. Además, el uso del hábitat y el comportamiento cambian en dichos periodos, siendo incapaces, desde el desconocimiento, de protegerlos durante las rutas migratorias o preservar las zonas de apareamiento.

Del mismo modo, en un artículo de 2020, (Voigt *et al.*, 2020) destacaba el desconocimiento que se tiene en gran medida de cómo se desplazan los animales nocturnos en un paisaje urbano, especialmente con las ALAN. Resalta la necesidad de tener en cuenta y distinguir entre distintos tipos de iluminación y espectros de longitud de onda, dada la transición reciente de los sistemas de iluminación, por ejemplo, de lámparas de vapor de mercurio de alta presión a lámparas de vapor de sodio de bajo consumo o tipo LED en toda la Unión Europea. También plantea la necesidad de estudiar no solo machos, como fue su caso, sino también hembras y juveniles, dado que para la supervivencia a largo plazo de las

poblaciones de murciélagos urbanos, todos los grupos deben afrontar los factores de estrés antropogénicos. En ese mismo artículo se demostró que los nótulos hembras y machos pueden emplear diferentes estrategias de alimentación y migración, e incluso el uso del hábitat puede variar a lo largo de la temporada reproductiva.

Además, todas estas amenazas se dan en una sociedad que no se puede estudiar sin entender y atender a la política del momento y lugar. Actualmente, ya sea por motivos éticos, ecológicos, económicos o políticos en general, hay una evidente falta de capacidad (y/o voluntad) institucional para hacer cumplir las diferentes leyes de protección que ya existen sobre estas especies, tanto a nivel nacional como europeo (IUCN, 2016; SECEMU, s.f.).

Todas estas amenazas individuales tienen una problemática aún mayor cuando se entrelazan y se afectan unas a otras, complicando no solo la identificación de los peligros, sino también la aplicación de las estrategias de mitigación y medidas de conservación. A todo ello se suma la idiosincrasia fisiológica de una baja tasa de reproducción y de crecimiento (SECEMU, s.f.), haciendo muy lenta cualquier recuperación de las poblaciones y más difícil ver las mejoras de las actuaciones.

Recordemos que, para llevar a cabo un adecuado estudio y plan de conservación, cada uno de los mismos debe ser específico para una especie y una bioregión concreta, en la que se pueda identificar de manera más ajustada la realidad a la que se enfrenta una determinada población de quirópteros.

6. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN RELATIVAS A LOS MURCIÉLAGOS URBANOS

Como hemos visto en el punto anterior, la mayoría de las especies se ven afectadas negativamente por la pérdida de hábitat, el aumento de la iluminación artificial, la construcción de carreteras y la presencia de aerogeneradores, entre otras muchas amenazas. En un momento en que la humanidad presencia de forma global una pérdida masiva de biodiversidad, las prácticas ecológicas y la gestión respetuosa de los recursos naturales se han convertido en uno de los temas más candentes en la ciencia y la conservación, y, en general, en una prioridad para las sociedades de todo el mundo (López-Baucells *et al.*, 2017).

La identificación de las especies presentes constituye un requisito previo para el diseño de medidas de conservación eficaces; cada especie requiere unas condiciones y cada entorno urbano plantea unas dificultades, amenazas, posibilidades o servicios. Debemos promover el estudio de cada caso concreto y a distintas escalas, no solo para ver la afectación que sufren las especies, sino también para prever el efecto de nuestras acciones. Un ejemplo de ello es el artículo (Ancillotto *et al.*, 2019), en el que se pone de relieve la necesidad de una evaluación multiespecie y multiescala para preservar los murciélagos en zonas urbanas, o el artículo (Threlfall, Law & Banks, 2012), que destaca que para alcanzar una conservación exitosa se requiere un conocimiento más profundo de la respuesta de cada una de las especies, incluyendo modelos de requisitos de hábitat. Rodríguez-Aguilar, G. *et al.* (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017) proponen, por ejemplo, que los estudios futuros sobre el impacto de la urbanización en los murciélagos insectívoros identifiquen las especies amenazadas y se centren en el estudio de sus hábitos de refugio y alimentación para recopilar información detallada sobre su ecología y diseñar planes de conservación adecuados para cada especie.

Los murciélagos cobran gran importancia durante los procesos de planificación, especialmente en Europa, donde todas las especies están legalmente protegidas por la Directiva de Hábitat de la UE (92/43/CEE) (Diario oficial de la Comunidad Europea, s.f.). Dicho desarrollo urbano se puede planificar de forma que se minimicen los impactos en las comunidades de murciélagos o compensando los posibles efectos negativos mediante la creación y mejora de hábitats seminaturales (Gili *et al.*, 2020).

Las medidas de conservación se pueden llevar a cabo a escala local o a escala de paisaje, y tan importante es comprender las características de los hábitats para la actividad de los

murciélagos como comprender la escala a la que estos seleccionan los hábitats (Gallo *et al.* 2018). En el artículo (Ancillotto *et al.*, 2019) se propone, por ejemplo, para favorecer el uso de los estanques urbanos por parte de los murciélagos, medidas en ambas escalas conjuntamente:

1. A escala local: evitar la iluminación artificial cerca de las fuentes de agua, ocultar las lámparas o usar iluminación de corte total para preservar las zonas oscuras. Conservar o restaurar la vegetación natural a lo largo de las orillas de los estanques y las zonas boscosas, así como los grupos de árboles en su entorno inmediato.
2. A escala del paisaje: preservar, restaurar o aumentar la conectividad funcional entre los sitios de agua, favoreciendo redes de jardines públicos y líneas de árboles. Generar corredores sin iluminación para promover el desplazamiento de los murciélagos.

Gallo, T. *et al.* (2018) también refuerzan la idea de que la escala es un concepto crucial en las relaciones entre especies y hábitat y que se deben considerar múltiples escalas al gestionar y crear hábitats para murciélagos urbanos. Ponen de ejemplo a *Lasionycteris noctivagans*, que presenta, en relación con la vegetación abierta, una menor actividad a escala de 50 m, pero mayor a escala de 500 m. Este “simple hecho” indica posibles cambios en la importancia relativa de algunas características del hábitat a diferentes escalas. De este modo, los efectos localizados pueden verse limitados por patrones espaciales más amplios. Ya en 1993 se reconoció que la selección de hábitat está determinada por criterios en una jerarquía de escalas, comenzando por las características geográficas y extendiéndose a las condiciones a nivel local (Gehrt & Chelsvig, 2004; Gehrt & Chelsvig, 2008). El artículo de Threlfall, Law y Banks (2012) también defiende que la recopilación de datos a nivel comunitario permite formular recomendaciones mejor fundamentadas a una escala relevante para la planificación práctica de la conservación.

Theodore J. Weller, en uno de sus estudios (Weller, Cryan & O'Shea, 2009), expuso que los peligros a los que se enfrentan los murciélagos pueden dividirse en dos grandes categorías que implican medidas y resultados de conservación muy distintos:

- Amenazas focales: conllevan la alteración de grupos de murciélagos donde los impactos son relativamente fáciles de observar e identificar. En este grupo, tanto los impactos de las amenazas como los efectos de las acciones de conservación serían fáciles de observar. Ejemplo: enfermedades.
- Amenazas difusas: generalmente están dispersas en el espacio y/o el tiempo y no suelen dar lugar a eventos de mortalidad fácilmente observables. De este modo, estas amenazas inspiran menos acciones de conservación, dado que son más difíciles de observar, cuantificar y combatir, así como de ver sus efectos, aunque son las más comunes. Ejemplo: deforestación.

En base a estos tipos de amenazas, la teoría de la conservación sugiere que se debe asignar mayor prioridad a las amenazas focales, a aquellas más fáciles de definir y, por tanto, técnicamente, más fáciles de abordar. Debido a ello, normalmente, la importancia de las amenazas difusas se subestima, a pesar de sus enormes impactos y cuando su mitigación debería abordarse con la misma relevancia. En el informe llevado a cabo por Helen J. Temple y Annabelle Cuttelod acerca del estado de conservación y la distribución de los mamíferos mediterráneos (Mediterráneo, s.f.), se destacaron como principales recomendaciones para la conservación de quirópteros las siguientes medidas:

- Mejorar el marco de protección legal y el cumplimiento de la legislación actual.
- Impulsar prácticas más respetuosas con el medio ambiente, tanto en la agricultura como en la restauración de edificios.
- Ampliar la investigación acerca de las necesidades de hábitat y alimento, el tamaño y las tendencias poblacionales, y los impactos del uso de pesticidas sobre las especies de presas.
- Minimizar los impactos de los parques eólicos.
- Erradicar los mitos sobre los murciélagos mediante una concienciación creciente de su importancia ecológica.

En este apartado, veremos estas y otras medidas de conservación (*Tabla 2*), entre las que destacan la reconciliación urbana y el manejo de los refugios. Una de las aproximaciones más populares a día de hoy en este ámbito, y gran parte de las medidas de conservación que se verán en este apartado, van encaminadas a la mitigación de los propios impactos (López-Baucells *et al.*, 2017; BOE, s.f.).

Tabla 2. Medidas de conservación aplicables a la conservación de quirópteros urbanos.
Elaboración propia.

Medidas de conservación	
1. Subsanan la falta de estudios e investigación	7. Mitigación de la luz artificial nocturna
2. Sensibilización ambiental de la población	8. Manejo de los refugios
3. Reconciliación urbana	9. Preservación de las áreas de caza y alimentación
4. Protección de áreas verdes	10. Fomento de prácticas más ecológicas
5. Establecimiento de fuentes de agua	11. Reducción del impacto de los parques eólicos
6. Mejora de corredores ecológicos urbanos	12. Aplicación y perfeccionamiento de la legislación

A lo largo del desarrollo de este trabajo se han constatado, así como descubierto, diversas lagunas de estudio o investigación. Es por ello que, en primer lugar, queremos destacar y animar a profundizar acerca de:

1. El desarrollo de métodos y procedimientos para llevar a cabo monitoreos regulares de las colonias, es decir, análisis que evalúen cuantitativamente el estado de las poblaciones de murciélagos, una necesidad continua en el ámbito de la conservación. Aunque puede llegar a ser imposible realizar una estimación exacta y precisa de las tendencias en abundancia para cualquier especie de murciélago en toda su área de distribución, puede ser más factible realizarlas en áreas limitadas, para evaluar, por ejemplo, la respuesta de una población a una acción de manejo particular. Como proponen Weller, Cryan y O'Shea (2009), en aquellos casos en los que la estimación de la abundancia no es factible, se pueden desarrollar modelos demográficos basados en marcas y recaptura o realizar estimaciones similares de parámetros clave de la historia de vida, que igualmente pueden proporcionar indicadores útiles de tendencias.
2. Las distintas escalas a las que las especies perciben y responden a los hábitats o entornos urbanos, más allá de una sola escala espacial como se viene haciendo hasta ahora. En uno de sus estudios, Gallo *et al.* (2018) resaltan que comprender la escala a la que la fauna urbana responde al entorno es fundamental para su conservación en las ciudades.
3. Los efectos de la urbanización en las poblaciones de quirópteros. Ejemplo de lo cual puede ser el estudio llevado a cabo por Gili *et al.* (2020).
4. Los principios ecológicos localmente relevantes. Diversos estudios (Gili *et al.*, 2020; Mediterráneo, s.f.; SECEMU, s.f.) pusieron de manifiesto que en la literatura había numerosas investigaciones de murciélagos en áreas rurales, pero pocas que documentasen aspectos ecológicos de los murciélagos en ecosistemas urbanos. Sin embargo, la generación de información científica sobre quirópteros en áreas urbanas es de gran importancia para futuros planes de conservación y manejo, para guiar el desarrollo y la gestión urbana, y además reduciría los prejuicios frente a aquellas especies que pueden generar molestias al cohabitar con el ser humano. Instamos a estudiar la diversidad de especies, ecología, sistemática, distribución e implicaciones para la salud humana de aquellas especies visibles en las urbes.
5. Los eventos de apareamiento. Al no conocer con detalle el momento ni la ubicación de dichas actividades, se dificulta la protección de esta etapa de gran importancia para la supervivencia de una especie. Además, los lugares de enjambre pueden proporcionar mucha información al reunir a machos y hembras de especies que durante el resto del año están separadas. Un mejor seguimiento del momento y la intensidad del comportamiento de enjambre en dichos sitios puede ser un primer paso importante, y también se podrían evidenciar posibles cambios en el comportamiento reproductivo asociados al cambio climático.

6. Los fundamentos ecológicos del comportamiento de los murciélagos. Estos, además de proporcionar explicaciones de los patrones actuales de distribución y selección de hábitat, permitirían predecir y resaltar comportamientos que ayuden a abordar amenazas emergentes que afectan a las poblaciones de quirópteros, como son el cambio climático, las enfermedades o los contaminantes.
7. Las enfermedades de los murciélagos. Sin un mejor conocimiento de las enfermedades que afectan a los propios murciélagos, será extremadamente difícil predecir cuándo y dónde es más probable que ocurran y, por tanto, también será más difícil evitar y solventar sus consecuencias, no solo para las poblaciones de murciélagos, sino también para las personas y animales que se puedan ver afectados.
8. La capacidad de muchos murciélagos para albergar infecciones virales sin una mortalidad masiva. Algunos autores sostienen que sus historias de vida dieron lugar a fuerzas selectivas y mecanismos biológicos únicos que les permiten frustrar algunos organismos patógenos. El estudio de murciélagos a nivel fisiológico y molecular podría proporcionar multitud de conocimientos beneficiosos para la medicina humana. Sería también una forma de unir diversas ramas científicas y profesionales, como virólogos, conservacionistas, veterinarios y médicos, dando un enfoque holístico y acorde con la perspectiva One Health.

También queremos poner de manifiesto a continuación algunos de los ejemplos que desde las altas esferas se llevan a cabo para mejorar la situación de los quirópteros:

I. COST CA 18107 “ClimBats”: fue una acción financiada por la Unión Europea que, entre sus diversos objetivos, se proponía diseñar redes de seguimiento distribuidas por toda Europa para monitorear los cambios de composición en las comunidades de murciélagos, reflejando de este modo las respuestas de las especies al cambio climático. Destacan, por ejemplo, los objetivos: “Establish strategies to develop a network to monitor and predict changes in bat distribution and inform future management and policy” en cuanto a la propia red de monitoreo, y “Evaluate the effects of climate change on insectivory provided by bats in farmland” en cuanto a la variación del consumo de insectos.

II. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Diario oficial de la Comunidad Europea, s.f.). En un artículo de la IUCN (2016) se deriva la obligatoriedad de realizar un seguimiento sistemático para evaluar las tendencias de muchas de las poblaciones de murciélagos.

Como hemos visto en el punto de amenazas, una de las principales limitaciones con el que cuenta la conservación de los quirópteros es la sensibilización ambiental de la población.

Por una parte, se puede abordar mediante la educación ambiental (Ballesteros & Racero-Casarrufia, 2012; IUCN, 2016; Mediterráneo, s.f.; SECEMU, s.f.), resaltando la importancia ecológica de estos animales y desmintiendo todos los mitos en torno a ellos. Entender su ecología evitaría su ataque directo, sobre todo en aquellas especies que emplean hendiduras o huecos de casas, así como paredes y techos para establecer sus refugios. La educación acerca de los murciélagos también disiparía los mitos y visión negativa, fomentando el entendimiento y la convivencia. Se podría potenciar la involucración de la comunidad en aspectos relacionados con su conservación mediante talleres, carteles, jornadas, programas, campañas divulgativas en redes sociales y otras actividades afines como podcasts y otros recursos divulgativos digitales. En el artículo (Russo & Ancillotto, 2015) se pone de manifiesto que la tendencia de los murciélagos a anidar en estructuras urbanas los hace más visibles y fáciles de observar, lo que ofrece interesantes opciones para llevar a cabo campañas de ciencia ciudadana.

Para mejorar la convivencia con los murciélagos y otras especies animales, habría que atender también a los encuentros y minimizar los impactos de las actividades humanas. Se promueve la tenencia responsable de mascotas y el control de la fauna doméstica para evitar el ataque a los murciélagos (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019). En relación con los contagios de enfermedades, se insta a programar buenos planes y prácticas de gestión para reducir las posibilidades de los mismos (SECEMU, s.f.). Y, por último, en cuanto a las actividades humanas, una de las medidas más nombradas ha sido la instalación de puertas o rejas compatibles con la entrada y salida de los murciélagos en cuevas, para evitar las perturbaciones de las colonias.

Para desarrollar las zonas urbanas de forma sostenible y dar cabida a una población humana en crecimiento, se necesitan estrategias que permitan la expansión urbana y minimicen su impacto en la biodiversidad. El desarrollo sostenible de las ciudades es de hecho uno de los objetivos clave de desarrollo de las Naciones Unidas para 2030 (Gili *et al.*, 2020). Con el fin de paliar el efecto de la degradación y destrucción del hábitat, se plantea como estrategia la denominada reconciliación urbana, la cual promueve tanto la inclusión de la biodiversidad como del desarrollo natural y de la conservación en la planificación de las ciudades, siempre teniendo en cuenta las condiciones locales y poblacionales de la zona. Dicho en otras palabras, la reconciliación urbana busca gestionar y crear hábitats que sustenten a las poblaciones silvestres, permitan que las poblaciones sigan siendo resilientes y reduzcan la pérdida de biodiversidad en las ciudades (Printz & Jung, 2023; Gili *et al.*, 2020; Threlfall, Law & Banks, 2012; Gallo *et al.*, 2018). Esta estrategia atiende tanto a las edificaciones como a los jardines y las zonas verdes de las ciudades.

Como veremos en el siguiente punto, la extinción local de especies de murciélagos en áreas urbanas no es aleatoria, sino que se basa en determinados rasgos y es predecible. Esto permite a los administradores del paisaje adaptar las acciones de conservación locales a especies concretas (Jung & Threlfall, 2018). De este modo, los esfuerzos para incorporar la naturaleza en la planificación urbana podrían aumentar la cantidad y calidad de los hábitats explotados por la vida silvestre dentro de las ciudades. Los desafíos que enfrentan estas para mantener la biodiversidad en su interior, y sin olvidar a los paisajes rurales que tienden cada vez más a la urbanización, necesitan el apoyo tanto de los municipios como de los residentes. Los primeros, para mantener y cuidar los espacios naturales presentes en las urbes, así como para fomentar el desarrollo sostenible; y los segundos, para mejorar la imagen y apoyar la viabilidad de la convivencia entre personas y murciélagos (Printz & Jung, 2023).

El éxito a largo plazo de estos esfuerzos urbanísticos depende de una comprensión adecuada de las relaciones especie-hábitat dentro de las ciudades. De nuevo, aquí es importante tener en cuenta las diferentes escalas a las que las especies urbanas responden a su entorno (Gallo *et al.*, 2018), así como las necesidades diferentes de machos y hembras (Weller, Cryan & O'Shea, 2009), dado que es fundamental para el éxito de la reconciliación urbana. Las gestiones, aunque locales, deberían plantearse a gran escala, ya que, como han demostrado multitud de estudios (Russo & Ancillotto, 2015; Tena *et al.*, 2020; Threlfall, Lawa & Banks, 2012; Gallo *et al.*, 2018; Mediterráneo, s.f.), los quirópteros son animales muy móviles con distribuciones muy amplias, y que, independientemente de la ubicación de sus lugares de descanso, pueden volar grandes distancias tanto dentro de las áreas urbanas como entre áreas urbanas, o incluso alternar distintas áreas para distintas funciones (alimentación, descanso, reproducción...). Los estudios a nivel de paisaje pueden revelar puntos críticos que podrían designarse para crear o mejorar los hábitats de los murciélagos (Gallo *et al.*, 2018).

Las características a nivel de parche, como la complejidad urbana, la complejidad forestal o la configuración de la cobertura arbórea, también pueden influir en los murciélagos urbanos, y comprender el poder predictivo de los modelos es esencial para la toma de decisiones políticas y de gestión. Del mismo modo, las necesidades de conservación de los machos y las hembras, especialmente en época reproductora, no son las mismas, difiriendo en distribuciones estacionales, técnicas termorreguladoras, selección de refugio..., y deben, por tanto, considerarse por separado siempre que sea posible (Gallo *et al.*, 2018; Weller, Cryan & O'Shea, 2009). La influencia de las características del hábitat puede variar en magnitud y dirección según las estrategias de las especies, y es poco probable que un solo paradigma aborde simultáneamente las necesidades de conservación de todos los grupos, incluyendo los juveniles, que, teniendo en cuenta la limitada capacidad reproductiva de los murciélagos; garantizar altas tasas de supervivencia, así como la satisfacción de las

necesidades de hábitat de este grupo, puede ser un paso importante hacia la mejora del reclutamiento general.

El aumento de las zonas forestales en y alrededor de las áreas urbanas puede mitigar los impactos de la urbanización (Gili *et al.*, 2020). Como ya se ha demostrado en multitud de estudios (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019; Gili *et al.*, 2020; Tena *et al.*, 2020), el mantenimiento de áreas verdes como parques, ya sean urbanos o lineales, dentro de las ciudades permite el establecimiento de muchas especies animales, entre ellas los murciélagos, y la gestión de dichos parques se puede enfocar de una forma más atractiva para los quirópteros, manteniendo, por ejemplo, árboles viejos o con huecos para el refugio de los mismos. Los parques urbanos suelen estar rodeados por una matriz urbana, representando un archipiélago fragmentado de áreas verdes poco interconectadas. Para reconciliar esta nueva dimensión con la naturaleza, se está prestando cada vez más atención a la creación o conservación de espacios verdes en áreas urbanas, como restos de vegetación natural o áreas verdes recreativas creadas *ad hoc*, que pueden proporcionar servicios esenciales tanto para el bienestar humano como para la conservación y gestión de la vida silvestre (Ancillotto *et al.*, 2019).

Además, la importancia de las áreas verdes trasciende su función local, ya que también pueden constituir sistemas que favorecen el cruce de la matriz urbana por parte de la fauna silvestre, lo que en última instancia permite la persistencia del flujo genético y la dinámica metapoblacional (Ancillotto *et al.*, 2019). En uno de sus artículos, Elena Tena y sus compañeros (Tena *et al.*, 2020) pusieron de manifiesto la realidad de los quirópteros en los parques urbanos de Madrid. En este estudio, estos parques se identificaban como “no atractivos para la reserva regional de especies de murciélagos” y proponían un enfoque proactivo para la conservación de los mismos, mejorando su atractivo a través del aumento del tamaño del parque, el incremento del número de sitios de descanso, la diversificación de las especies vegetales y la protección/conexión con otros parques.

Una propuesta más debatida es la de Gili y su equipo (2020), quienes defienden que el crecimiento urbano debería buscarse mediante la expansión de las manzanas existentes, en lugar de la creación de nuevas áreas urbanas, minimizando así el impacto en los lugares de desplazamiento o alimentación.

Se ha demostrado que las plantaciones de árboles jóvenes tienen un valor limitado para los murciélagos (Threlfall, Law & Banks, 2012; Hernández-Brito *et al.*, 2018), necesitando estos de árboles viejos con oquedades en las que establecer sus colonias de cría o refugios, y en gran cantidad para evitar las disputas entre colonias o el estrés asociado a no poder descansar. Threlfall y su equipo (2012) defienden en su estudio que la estrategia más adecuada para mantener especies sensibles en áreas suburbanas sería mediante la prevención de una mayor pérdida de matorrales. También explican que la restauración de

bosques, la eliminación de malezas y la quema prescrita, pueden influir positivamente en los murciélagos. Asimismo, la conservación de matorrales de alta calidad mediante el mantenimiento de pequeños remanentes suburbanos, en particular aquellos en geología fértil, debería ser un imperativo de gestión para ellos, ya que, según demuestran, la calidad de las parcelas probablemente sea más importante que su tamaño para los murciélagos. Recalcan la importancia de mantener en todo momento la conectividad, de salvaguardar una cobertura arbórea dispersa que mejore la conectividad en toda la matriz y reduzca el aislamiento de las parcelas.

Dichas actividades de gestión y restauración de áreas urbanas y suburbanas deben enfocarse en mejorar la función ecológica y mantener la actividad de las distintas especies. Para ello, y con mayor prioridad, deben centrarse en hábitats destacados para los murciélagos, como son las zonas de alimentación, especialmente zonas de matorral y hábitats ribereños (Threlfall, Law & Banks, 2012). Del mismo modo, los patios traseros privados y los espacios públicos abiertos pueden mejorar su cobertura de dosel, beneficiando a los murciélagos que encuentran una fuente de alimento alrededor, tanto de árboles dispersos como aislados. Con respecto a este último parámetro, el mismo artículo de Threlfall demostró un aumento de tres puntos en la riqueza de murciélagos asociado con la presencia de 3-5 árboles por 2 ha en las zonas agrícolas. En los jardines también se puede mejorar la vida silvestre limitando el uso de pesticidas y diversificando la variedad de plantas, lo que resultaría, como demostraron Lisa Printz y Kirsten Jung (2023), en una mayor variedad de insectos en comparación con áreas agrícolas.

En los parques urbanos también destaca la figura de los estanques, lagos y otras fuentes de agua. Estos proporcionan recursos esenciales para los murciélagos y otros tipos de fauna urbana, y la disponibilidad de dichas fuentes puede influir considerablemente en la persistencia de las poblaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que tanto las características de los estanques como los patrones estructurales del paisaje en el área circundante pueden modular el uso de estos por parte de los murciélagos. En uno de sus estudios, Ancillotto (2019) puso de manifiesto que, a pesar de la importancia de los hábitats lénticos para los quirópteros, aún se comprende poco acerca de cómo la estructura de los depósitos de agua y las características del paisaje circundante pueden influir en el uso de estos hábitats por parte de los murciélagos. Es por ello que insta al estudio de elementos que puedan favorecer el uso de sitios acuáticos, como pueden ser los setos y líneas de árboles, que facilitan la navegación y son punto de referencia de vuelos, la vegetación circundante a las fuentes de agua, que puede proporcionar alimento y refugio, o la composición del hábitat de alrededor, que afecta tanto a la actividad como al uso del espacio.

En ese artículo se evidenció que una mayor cantidad de bosque alrededor de los estanques, especialmente a una escala de 1 km, permitía el desarrollo de más especies de murciélagos,

es decir, influía en la riqueza de especies. Sin embargo, cada especie presentaba respuestas específicas frente a las características estructurales de los estanques, así como a diferentes elementos del paisaje y a la iluminación artificial. También se demostró que la tasa de actividad de murciélagos en los estanques se veía favorecida, en varias especies, aunque no en todas, por la disponibilidad de vegetación leñosa y setos alrededor de los estanques, probablemente al aumentar su accesibilidad. Se vio de la misma manera que todas las especies de murciélagos respondieron positivamente tanto a la proximidad de los estanques a elementos lineales del paisaje (setos) como a la cantidad de hábitat de ribera, aunque la distancia entre estanques influyó según la especie. Además, como se puede ver en el artículo de Gili *et al.* (2020), algunos murciélagos prefieren los lagos a los cuerpos de agua más estrechos y, como bien señaló Voigt (2020), no todas las especies de murciélagos pueden aprovechar el agua urbana para beber, buscar alimento o desplazarse cuando están iluminados, por lo que habría que tener en cuenta también tanto la forma como la iluminación de estas áreas en el momento de la gestión y planificación. Por tanto, la gestión adecuada de estas zonas de agua y su alrededor pueden mejorar la viabilidad de las poblaciones de murciélagos sinúrbicos.

La luz artificial nocturna (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019; Voigt *et al.*, 2020), que también es nombrada con el acrónimo ALAN, por sus siglas en inglés (Artificial Light At Night), genera lo que se conoce como contaminación lumínica, la cual puede reducirse o emplearse de forma más amigable con los animales nocturnos, como los quirópteros. Diversos estudios han demostrado que la reacción de las distintas especies de murciélagos a las luces artificiales es muy específica y, mientras que las especies oportunistas explotan estos sitios de acumulación de presas, la mayoría son reacias a la luz y se ven amenazadas por la misma. Como bien se señala en el artículo de Voigt *et al.* (2020), las estrategias para proteger la biodiversidad urbana deberían incluir las ALAN para salvaguardar una red más amplia de hábitats oscuros para murciélagos y otras especies nocturnas en las ciudades. En dicho artículo se vio que los nótulos comunes las toleraron solo cuando buscaban alimento, pero las evitaron durante sus desplazamientos, poniendo de manifiesto que los corredores oscuros parecen y pueden ser elementos clave para conectar áreas de alimentación distribuidas de forma irregular en la matriz urbana.

En este mismo artículo se propuso la cobertura vegetal como forma de amortiguar el impacto de la luz, ya que los murciélagos seleccionaron niveles altos de iluminación cuando disponían de amplios espacios abiertos en presencia de vegetación. De igual manera, se observó que los cuerpos de agua fueron preferidos por los nótulos comunes, independientemente de la iluminación, si la cobertura vegetal era alta. Comprender cómo los murciélagos urbanos se adaptan a las ALAN es clave para formular recomendaciones de gestión eficaces que contribuyan a proteger y promover la biodiversidad urbana.

Con respecto a los corredores ecológicos (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019; Printz & Jung, 2023), estos favorecen la conexión entre islas naturales dentro de las zonas urbanas, así como la accesibilidad a diferentes áreas dentro de una misma ciudad. También ayudan en la comunicación, orientación y descanso durante las migraciones y los trayectos entre zonas de alimentación y refugio. Como hemos visto anteriormente, Voigt y su equipo (2020) plantean que los corredores oscuros y los parches de alimento con una alta cobertura vegetal deben preservarse para sostener las poblaciones de nóctulos comunes y otros murciélagos en entornos urbanos, al facilitar estos el movimiento de los animales nocturnos y, por consiguiente, preservar la biodiversidad urbana. En este artículo también se observó que los nóctulos comunes evitaron volar cerca de las carreteras cuando estaban alumbradas, lo que cuestiona la relevancia de las carreteras iluminadas como elementos lineales del paisaje y como zonas de alimentación para los murciélagos en las ciudades. A ello se suma que el ruido del tráfico puede limitar la eficacia en la búsqueda de alimento con biosonar, siendo poco atractivas estas construcciones como corredores eficientes.

En el artículo de Gili *et al.* (2020), se plantea también que los efectos negativos de las superficies impermeables podrían mitigarse mediante la expansión de la cobertura forestal discontinua, promoviendo a raíz de ello la creación de vínculos entre las áreas forestales y la mejora de las conexiones entre las áreas edificadas y los hábitats naturales circundantes. Se propone como estrategia mitigadora de los efectos negativos de la expansión urbana la expansión del bosque discontinuo, que incluye áreas con un nivel intermedio de cobertura arbórea, además de setos, líneas de árboles e incluso jardines. También plantean como estrategia de conservación fomentar las oportunidades para aumentar la superficie forestal discontinua, por ejemplo, mediante la plantación de pequeños bosques en tierras agrícolas adyacentes o la creación de áreas recreativas que incluyan bosques abiertos y lagos. Ambas estrategias contribuirían al desarrollo de una expansión urbana sostenible y brindarían mayores beneficios de espacios verdes tanto para las personas como para los animales.

Un punto importante también en la conservación de quirópteros es la preservación de los hábitats de alimentación, sin embargo, el conocimiento sobre los principales sitios de alimentación de los murciélagos mediterráneos sigue siendo escaso. En un estudio realizado en el sur de Portugal (Rainho, 2007) se evidenció que los hábitats ribereños, cuando están rodeados de bosques latifolios autóctonos, parecen proporcionar áreas de alimentación óptimas para los murciélagos, mientras que, por el contrario, los sitios de agua dentro de hábitats resultantes de la agricultura o la silvicultura intensivas ofrecen áreas de alimentación muy pobres. En este sentido, la Península Ibérica, al estar dominada por robledales y presentar numerosos estanques dispersos con abundante vegetación, parece ofrecer un hábitat óptimo para la alimentación de los murciélagos. Sin embargo, hay que resaltar que este paisaje está en peligro, entre otros motivos, por las demandas actuales de producción y por los cambios en el uso del suelo que se están promoviendo. En dicho artículo se resalta la necesidad imperiosa de preservar las estrategias tradicionales de

gestión de los robledales y de los estanques asociados, para preservar con ello a los murciélagos y a otras especies animales.

El diseño urbano se puede enlazar con el manejo de los refugios, de modo que se promueva la convivencia entre personas y murciélagos. Para ello se debe, por una parte, solventar la falta de refugios mediante el incremento, mejora y conservación de los mismos, ya sean naturales o artificiales (Saldaña-Ramos *et al.*, 2019; Gili *et al.*, 2020; López-Baucells *et al.*, 2017; SECEMU, s.f.), y, por otra parte, mediante la elaboración de protocolos de traslado, vaciado y relocalización de colonias (SECEMU, s.f.). De la misma manera que las especies forestales se ven afectadas por la tala de árboles, la intensificación de la agricultura y la gestión de los bosques, las especies ubicuas, que tienden a seleccionar diferentes tipos de refugios, se ven amenazadas por la alteración y destrucción de estructuras hechas por el hombre, las cuales pueden llegar a albergar colonias de tamaños considerables. De este modo, las necesidades de refugio en los murciélagos juegan un papel importante en sus ecologías y deben tenerse en cuenta en los planes de conservación.

Las cajas nido para murciélagos se han convertido en una de las opciones de gestión más populares para contrarrestar la pérdida de refugios y, aunque a menudo se utilizan como refugios temporales, también son importantes durante algunas fases clave de los ciclos anuales de los murciélagos, como el apareamiento, el parto e incluso la hibernación.

Destacan con este fin las cajas para murciélagos como sustituto de los refugios naturales o artificiales para colonias de maternidad excluidas de los edificios, o como sitios alternativos para refugios de apareamiento de murciélagos arborícolas. Tanto científicos individuales como desde la Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos (SECEMU) se plantea que las cajas-refugio sean una solución temporal, bien para el traslado y relocalización de colonias, o hasta que la vegetación se recupere y se consigan bosques maduros con cavidades adecuadas y disponibles para los quirópteros. Hay que tener en cuenta también que las cajas para murciélagos pueden proporcionar datos relevantes sobre especies crípticas o menos abundantes que, de otro modo, serían casi imposibles de obtener (Hernández-Brito *et al.*, 2018).

Popa-Lisseanu, junto con Bontadina e Ibáñez, promueven, por ejemplo, en uno de sus artículos (2009) la creación de una red de dormitorios artificiales en Doñana y dentro de los límites del Parque Nacional para reducir las distancias de los desplazamientos entre refugios y entre refugios y zonas de alimentación, reduciendo así los costos energéticos y los riesgos de depredación durante los vuelos. Cualquiera de estas medidas de conservación debe llevar aparejado el seguimiento periódico de los refugios para determinar con exactitud la evolución y efectividad de las mismas.

A pesar de su importancia y relevancia, hay una notable falta de información sobre la influencia de la composición del paisaje circundante en la ocupación de dichas cajas. Un ejemplo de cómo la composición de dicho paisaje circundante afecta a la ocupación de las cajas es el artículo de López-Baucells *et al.* (2017). En este estudio se detectó una tasa de ocupación del 15 %, y un 70 % de dicha ocupación se explicaba por el hábitat y la composición espacial. Por este motivo, sugerían considerar la composición del paisaje antes de utilizar cajas para murciélagos con fines de conservación. Pusieron de manifiesto que las tasas de ocupación, siendo el análisis restringido únicamente por variables ambientales, explicaban el 56 % de la varianza, mientras que limitadas por la situación espacial, las variables ambientales explicaron el 42 % de la varianza. También se evidenció en dicho estudio que la presencia de áreas urbanas alrededor de las cajas para murciélagos tiende a tener un impacto negativo en las tasas de ocupación, mientras que, por el contrario, la cobertura forestal tiene un efecto positivo en dichas tasas, especialmente para los murciélagos arborícolas. Las hipótesis que respaldan este hecho son, por un lado, la idoneidad desfavorable del hábitat que rodea las cajas nido, y, por otro lado, la presencia de refugios alternativos. Este estudio se decantó por esta última, por el hecho de que la cobertura urbana alrededor de las cajas nido reduzca las tasas de ocupación debido al número excepcionalmente alto de refugios alternativos disponibles que ofrece este tipo de paisaje.

En cuanto a la reducción de sustancias tóxicas (Mediterráneo, s.f.; SECEMU, s.f.), se puede alentar e incentivar el fomento de prácticas más ecológicas tanto en la agricultura como en la restauración de edificios. En la agricultura se pueden promover los cultivos ecológicos o con uso limitado de pesticidas, así como preservar árboles viejos y vegetación de ribera. En cuanto a la restauración de los edificios, muchas especies se ven afectadas por los productos químicos empleados para proteger las vigas de los techos contra insectos y hongos que perforan la madera. Para minimizar dicho impacto se podrían emplear, en su lugar, productos químicos no tóxicos y menos nocivos para el cuidado de la madera de los tejados, así como realizar estudios toxicológicos previos a su aplicación. En relación a dicha restauración de edificios, también se ha descubierto que las membranas transpirables para techos (textiles aislantes utilizados en edificios) enredan a los murciélagos y causan una mortalidad significativa, ya que los hilos que las componen se desprenden por el contacto con los murciélagos (Russo & Ancillotto, 2015). Una alternativa a considerar sería emplear fieltro bituminoso como base para los techos.

Con respecto al impacto de los parques eólicos, este puede minimizarse de varias maneras, entre las que destacan: aerogeneradores con ruidos de alta frecuencia, con señalizaciones de luz ultravioleta, el cese del movimiento de las aspas y/o la programación de las mismas para girar en posición paralela al viento cuando este no sea suficiente como para generar energía (Mediterráneo, s.f.; National Geographic, 2018). Estas últimas medidas que

interfieren en el manejo de las turbinas se pueden llevar a cabo en los momentos críticos del ciclo biológico de los quirópteros, como pueden ser la migración y la reproducción. Tellería (2009) destaca en uno de sus artículos la importancia de los estudios sobre la actividad de los murciélagos en la zona, previamente a la implantación de los parques eólicos. En dicho artículo se estudió la superposición geográfica de los parques eólicos con las áreas de distribución de las especies de vertebrados voladores (incluyendo a los murciélagos). Se puso de manifiesto que, aunque las evaluaciones de impacto local son rutinarias, no se han realizado evaluaciones a gran escala de los posibles efectos de esta industria sobre los hábitats y las especies terrestres. Esto cobra una trascendencia aun mayor, e incluso legal, al tener España una gestión descentralizada de las licencias para la construcción de plantas y la atención casi exclusiva al impacto local de estas infraestructuras, y todo ello a pesar de las propias Directivas de la UE (85/337/CEE, modificada por la 97/11/CE, y la 2001/42/CE), que se aplican, entre otras construcciones, a las centrales eólicas cuyos efectos acumulativos pueden perturbar las migraciones animales o la integridad del hábitat de poblaciones en peligro de extinción. Es por ello que en este artículo se propone establecer directrices explícitas para prevenir o reducir la expansión de las centrales eólicas en el área de distribución de las especies más amenazadas, resaltando, y dado que la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero) no prohíbe la construcción de centrales eólicas dentro de áreas protegidas, una decisión que se evaluará mediante evaluaciones locales o regionales *ad hoc*. No cabe duda de que el estudio a gran escala y previo a la implantación de plantas eólicas podría minimizar los impactos de estos sobre los quirópteros, así como sobre aves de gran importancia en nuestro país.

El éxito de las diversas propuestas de conservación y mitigación planteadas en este punto tiene como base el reconocimiento de la importancia de los quirópteros por parte de diferentes actores sociales, entre los que destacan los jefes de gobierno. Es por ello que también habría que nombrar y estudiar la legislación que protege a este grupo de mamíferos. En el marco de protección legal, tanto comunitaria como internacional, destacan (IUCN, 2016; Mediterráneo, s.f.; BOE, 2011; EUROBATS, s.f.):

1. El Convenio de Berna (Mediterráneo, s.f.): este convenio respalda la conservación y el uso sostenible de especies y hábitats. Es un tratado legal vinculante entre la mayoría de los estados considerados pertenecientes a la región mediterránea para los fines de esta evaluación, incluyendo a los países norteafricanos y Turquía. Desde el marco de dicho convenio se ha llevado a cabo un trabajo considerable en la protección de distintas especies de mamíferos, así como Planes de Acción para ciertas especies entre las que destacan algunos murciélagos.

2. EUROBATS: esta propuesta se encuadra dentro del marco del Convenio sobre Especies Migratorias, también denominado Convenio de Bonn o CMS por sus siglas en inglés. Dicho convenio pretende la conservación de la fauna migratoria mediante la adopción de medidas de protección y conservación del hábitat, concediendo particular atención a aquellas especies cuyo estado de conservación sea desfavorable. Dentro del mismo existen varios acuerdos o iniciativas regionales respecto a los mamíferos, como la Conservación de las poblaciones de Murciélagos Europeos. Es decir, mientras que el Convenio de Bonn busca la conservación de especies migratorias, el acuerdo EUROBATS se enfoca en la protección de los murciélagos, complementando el marco general del Convenio mediante medidas de conservación y protección de hábitats.
3. 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 (BOE, 2011) y sus modificaciones.

Sobre esta legislación, habría que asegurar y promover su cumplimiento, así como mejorarla en la medida de lo posible. Volvemos a destacar en este punto la importancia del apoyo a los esfuerzos de investigación y monitoreo, los cuales ayudarían en la toma de decisiones políticas, siempre con base científica. La relevancia de estos programas es tal que, en el Congreso Mundial de la Naturaleza de 2016 (IUCN, 2016), se animó tanto a la Directora General como a la Comisión de Supervivencia de Especies y a la Comisión Mundial de Áreas Protegidas a que proporcionen apoyo técnico y científico a los gobiernos y otros organismos para garantizar enfoques basados en pruebas científicas durante la gestión de poblaciones sostenibles de murciélagos.

Resaltando alguna medida más concreta o exacta, destaca una de las sugeridas por SECEMU (SECEMU, s.f.): la posible existencia de ayudas compensatorias a aquellos edificios y viviendas que cuenten con poblaciones de murciélagos. Una medida similar fue sugerida desde el Congreso Mundial de la Naturaleza de 2016, donde se incitó a todos los Estados miembros de la UICN a asignar fondos para la protección de los murciélagos, incentivos a la investigación y conservación de los mismos, así como sanciones disuasorias a quienes complicasen dicha labor. Desde este congreso también se animó a los gobiernos a buscar soluciones no letales y medidas de mitigación de los conflictos humano-animal con los quirópteros, así como a no autorizar y sancionar los sacrificios selectivos de poblaciones de murciélagos, a menos que se hubiesen agotado todas las alternativas, existiesen pruebas científicas del riesgo que suponen para la seguridad alimentaria o la salud pública y no se pusiese en peligro la supervivencia de la especie.

7. FACTORES A EVALUAR EN RELACIÓN CON LOS MURCIÉLAGOS EN AMBIENTES URBANOS

Como hemos comentado durante el desarrollo de este trabajo, la presencia de murciélagos en áreas urbanas depende de las oportunidades de descanso y alimentación que estas les ofrezcan (Tena *et al.*, 2020). Destaca la importancia de dichas zonas no solo para las especies que las habitan de forma asidua, sino también para las especies migratorias, que pueden emplear las ciudades como lugares de tránsito donde descansar o alimentarse (Ancillotto *et al.*, 2019), así como para muchas especies boscosas, las cuales, debido a cambios en los ecosistemas naturales, pueden ver alterados sus comportamientos y acudir a las ciudades, como es el caso de *Nyctalus noctula* (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009).

La gran variedad de quirópteros urbanos hace que los requerimientos ecológicos sean prácticamente particulares para cada especie, y la diversidad de adaptaciones de los mismos al ambiente hace que la importancia relativa de los factores urbanos dependa del área geográfica estudiada. Tanto Printz y Jung (2023) como Rodríguez-Aguilar *et al.* (2017) establecieron que la extensión de las áreas urbanas determina la presencia de diferentes especies, mientras que las características espaciales, estructurales y arquitectónicas determinan los índices de actividad, tanto alimenticios como sociales. La actividad y las respuestas específicas de cada especie de murciélago en diferentes condiciones urbano-forestales ofrecen una perspectiva general sobre la adaptabilidad y vulnerabilidad de estas a la intensidad de la urbanización (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

Hay que tener en cuenta que, aunque los quirópteros no se hallen de forma homogénea en las ciudades, alimentándose en áreas verdes o cuerpos de agua y descansando en árboles, puentes o doubles techados entre otros refugios-dormideros, se ven afectados por multitud de factores que caracterizan a las áreas urbanas en general. Incluso las especies sinúrbicas pueden ser vulnerables ante las presiones urbanas.

Los avances en el monitoreo acústico han permitido aumentar el número de estudios acerca de los murciélagos urbanos, pero aún se necesita información detallada sobre por qué y cómo ciertas especies utilizan dichos ecosistemas; aún necesitamos ampliar nuestra comprensión del efecto de la intensidad de la urbanización sobre las especies de murciélagos (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

Existe, además, una tendencia en los estudios que detectan murciélagos a sobrestimar la

abundancia de las especies más ruidosas/visibles y a subestimar la actividad de las más silenciosas/crípticas (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). La primera clase también se denomina "fauna conspicua", que, aunque no es un término biológico oficial, es una forma de referirse a los animales que son fácilmente visibles, llamativos o representativos de un área de estudio en particular, a menudo por ser grandes, raros, peligrosos o un icono del ecosistema (Threlfall, Law & Banks, 2012).

Las variables típicas que caracterizan los ecosistemas se dividen en urbanas y ambientales, y entre ellas destacan: la densidad de población; densidad de edificios; porcentaje de superficie impermeable, asfalto o calles pavimentadas; viviendas con servicios básicos de electricidad, agua potable y drenaje; porcentaje de cobertura forestal y de área sin cobertura arbórea; porcentaje de vegetación nativa; número de farolas... Comprender el efecto de la urbanización sobre la biodiversidad y la forma en la que se pueden gestionar los entornos urbanos para con ella es un desafío básico en la biología de la conservación, y una mejor comprensión de tales influencias podría ayudar a desarrollar estrategias de gestión que favorezcan la presencia de murciélagos y los servicios ecosistémicos que estos prestan en los paisajes urbanos (Tena *et al.*, 2020).

En la *Tabla 3* se expone una relación de todos los factores que se han podido identificar como puntos clave o posibles puntos clave para la evasión, adaptación y/o explotación urbana por parte de los murciélagos. El estudio de estos factores podría llegar a predecir el potencial de tolerancia de las especies de quirópteros al hábitat urbano y establecer, con ello, los elementos fundamentales a los que dirigir las medidas de conservación. No obstante, los factores descritos a continuación no actúan de forma independiente, sino mediante interacciones complejas cuya importancia relativa varía según la especie y el contexto urbano. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de las zonas urbanas, a la diversidad de las especies de murciélagos y a la multitud de adaptaciones que estas presentan, los estudios no llegan a establecer un consenso en cuanto a la importancia, repercusión y modo de afectación de dichos factores a las distintas especies. En su lugar, promueven la investigación de las poblaciones específicas de cada área antes de tomar decisiones sobre las medidas de conservación a aplicar.

Tabla 3. Relación de todos los factores por los que se ven influenciados los murciélagos para la evasión, adaptación y/o explotación urbana por parte de estos. *Elaboración propia.*

RAGOS FUNCIONALES, MORFOLÓGICOS, SENSORIALES Y COMPORTAMENTALES	PREFERENCIAS DE HÁBITAT	RELACIONES INTRAESPECÍFICAS E INTERESPECÍFICAS
a. Morfología de las alas b. Flexibilidad en los requisitos tanto de refugios como de recursos c. Especializaciones de los individuos d. Movilidad e. Modalidades de ecolocalización f. Modalidades de caza y vuelo g. Dependencia de la vegetación h. Sexo y etapa	a. Amplitud del hábitat b. Cobertura arbórea, leñosa y/o vegetal y parches verdes c. Disponibilidad de refugios d. Disponibilidad de agua e. Luz artificial nocturna f. Ruido antropogénico g. Carreteras y tráfico rodado h. Viviendas: densidad, edad, altura i. Distancia entre los dormideros o zonas de alimentación y el límite más cercano de la ciudad j. Uso de la tierra k. Microclima	a. Presencia de especies competidoras b. Presencia de especies competidoras c. Presencia, diversidad y disponibilidad de presas d. Especies de quirópteros de las regiones circundantes

Unos artículos muy interesantes que, además de las relevantes conclusiones expuestas, pueden emplearse para ver la evolución de estas especies con y en las urbes son los de Gehrt y Chelsvig (2004; 2008). Ambos artículos presentan una misma investigación de base, realizada en el área de Chicago, Illinois, y posteriormente estudian y plantean distintas conclusiones en base a distintos objetivos. A continuación veremos brevemente ambos estudios en conjunto para poner de manifiesto los avances de la urbanización, los cambios en el concepto de ciudad, cómo las poblaciones han ido adaptándose y cómo la ecología de las mismas ha cambiado desde la realización de estos estudios entre 1997-1999 y la actualidad.

A nivel especie-específico, en estos estudios no se registró ninguna especie exclusiva de ninguna clase de área de estudio; por el contrario, todas las clases estuvieron dominadas por *Eptesicus fuscus*, una especie generalista que se adapta a multitud de paisajes. Esta abundancia influyó, sin duda, en las comparaciones entre las zonas de estudio. Especies como *Lasiurus borealis* y *Lasionycteris noctivagans* presentaron relaciones positivas con el uso de suelo industrial/comercial y negativas con el uso agrícola/categoría rural. Del mismo

modo, *Lasiurus cinereus*, *Pipistrellus subflavus* y *Miotis* spp. a menudo estaban ausentes en las comunidades de murciélagos de las áreas rurales estudiadas, registrándose de hecho, en el caso de *Miotis* spp., con mayor frecuencia en las zonas urbanas que en las rurales.

A nivel ambiental, demostraron que en las zonas boscosas, la distancia entre árboles se relacionaba positivamente con la actividad de los murciélagos, mientras que en áreas abiertas se observaba una relación negativa tanto entre la distancia al borde y la actividad de los murciélagos, como entre la altura de la vegetación y la actividad de los murciélagos. Una tendencia consistente en estos análisis fue una relación positiva entre el hábitat forestal en fragmentos y la actividad de los murciélagos. Con respecto a los hábitats de borde, numerosos estudios reportan que los murciélagos utilizan los bordes del bosque como zonas de alimentación y/o como corredores de viaje. Además, la abundancia de insectos puede ser mayor en la interfaz entre los bosques y el hábitat abierto, así como la navegación para la búsqueda de presas puede ser más fácil en los bordes que en el interior de los bosques.

A nivel del paisaje, se observó una tendencia negativa constante entre la actividad de los murciélagos y las tierras cultivables, y una leve tendencia positiva entre la actividad de los murciélagos y la urbanización. De este modo, y con respecto al uso del suelo, en estos estudios se demostraba que el uso industrial/comercial se relacionaba positivamente con la actividad de los murciélagos, mientras que el uso rural predominante, que era la agricultura, se asociaba negativamente. En base a ello, se puede decir que a finales de los años 90, la diversidad de especies de quirópteros era mayor y cada una de estas especies se detectaba con mayor frecuencia, en primer lugar, en las urbes; posteriormente, en campos; y en último lugar, en áreas de cultivo.

Hay que tener en cuenta que las ciudades, a día de hoy, han cambiado y dicho paradigma descrito no es el actual. Un claro ejemplo de ello es que en estos estudios no se identifican las carreteras como un elemento negativo, mientras que actualmente sí lo son. Ambos estudios se respaldan en que, como animales voladores que son, los murciélagos no se ven tan afectados por las mismas. No hace tanto tiempo se creía que las especies voladoras tenían más capacidad para explotar fragmentos de hábitat dentro de paisajes urbanos que sus contrapartes terrestres, con el resultado de que los efectos locales pudiesen superar los efectos del paisaje y verse con ello menos afectadas. Sin embargo, esta idea se desmintió posteriormente, y la relevancia de los efectos locales sobre los murciélagos tiene importantes implicaciones para la conservación y la gestión. De este modo, los fragmentos de hábitat tienen gran valor ecológico para los murciélagos, incluso en paisajes urbanos extremos, y múltiples especies podrían beneficiarse de la gestión del hábitat local dentro de esos fragmentos. En ambos estudios, los efectos del microhábitat fueron relativamente más obvios para explicar la actividad general de los murciélagos que los efectos del paisaje.

Recopilando información de cada punto visto en relación con estos estudios, se puede entender que estos demostraron una mayor preferencia de los murciélagos por las urbes antes que por los cultivos. En el área de Illinois, a finales de los años 90, las zonas urbanas podrían ser preferidas debido a que presentaban más linderos con bosques que las zonas agrícolas típicas de esta área, pudiendo haber más oportunidades para explotar las concentraciones artificiales de insectos en zonas urbanas, incluso si la urbanización en sí misma tenía un efecto negativo para algunas especies. Los efectos de las urbes son difíciles de cuantificar y dependen de muchos factores. Si bien estos estudios no dilucidan los efectos directos de la urbanización en las poblaciones de murciélagos, los resultados ponen de manifiesto que la relación entre la urbanización y la ecología de los murciélagos es compleja, dependiendo esta de un contexto tanto a escala macrogeográfica como a escala de matriz urbana.

A pesar de las diferencias de paradigma de aquellos años y los actuales, también hay ideas que se mantienen y cobran incluso más fuerza. Las zonas urbanas o áreas metropolitanas se representaban y representan como islas de hábitats dentro de paisajes más amplios dominados por la agricultura intensiva, y ya se hipotetizaba acerca de que la influencia de la urbanización en los murciélagos dependería tanto de la naturaleza del paisaje rural circundante como del tipo de urbanización o ciudad objetivo de estudio. Es por ello que para la conservación de los quirópteros en las urbes, hay que tener en cuenta que se ven influenciados tanto a escala macro-geográfica (el ambiente circundante de la urbe) como micro-geográfica (la propia calidad del hábitat local dentro de la matriz urbana).

La dicotomía entre el intenso desarrollo urbano y las áreas protegidas también ofrece una excelente oportunidad para evaluar los efectos relativos de cada una de ellas en la actividad de los murciélagos en un paisaje urbano. Un ámbito que, sin embargo, ha evolucionado y cuenta actualmente con cada vez más estudios es la propia ecología de los quirópteros (si cambian de localización según estación, si la pasan en la misma zona, si migran en determinadas épocas...). Cobra real importancia en este ámbito la ecología urbana que, sin embargo, y a pesar de los 25 años que separan estos estudios de la actualidad, todavía recibe relativamente poca atención y sigue siendo poco comprendida a escala de paisaje y de sistema, a pesar de la importancia ecológica y ubicuidad de los murciélagos. La escasez de información sobre la sensibilidad de cada especie a la urbanización no permite la elaboración de predicciones especie-específicas sobre las que poder trabajar. A día de hoy, gracias a mayores estudios en esta área y a la tecnología cada vez más avanzada, sí se pueden hacer predicciones que permitan una conservación más eficiente.

7.1. Rasgos funcionales, morfológicos, sensoriales y comportamentales

Como hemos comentado brevemente en el apartado anterior, la tolerancia a la urbanización difiere entre las distintas especies de quirópteros. Entre los factores a tener en cuenta se encuentran los propios rasgos de la especie, ya sean morfológicos, funcionales, sensoriales o comportamentales (*Tabla 4*); en cierto modo, la urbanización funciona como un filtro ambiental basado en rasgos (Printz & Jung, 2023; Jung & Threlfall, 2018). Las distintas adaptaciones de las especies de quirópteros no se mantienen estables durante todo su territorio de distribución, sino que también hay variaciones intraespecíficas debidas a la adaptación local, dando lugar a diferentes respuestas a escala poblacional, es decir, una misma especie puede tener distintas estrategias a lo largo de su rango de distribución, dependiendo del territorio o biorregión en el que se establezca (Russo *et al.*, 2021). Como veremos a continuación, el uso de rasgos para predecir la vulnerabilidad de diferentes taxones en las ciudades nos permite no solo monitorear la abundancia, sino también identificar áreas prioritarias de conservación dentro del paisaje urbano y mitigar los impactos negativos de la urbanización.

Tabla 4. Listado de los rasgos funcionales, morfológicos, sensoriales y comportamentales que influyen en la adaptación y evasión de los quirópteros a los ambientes urbanos. *Elaboración propia.*

RASGOS FUNCIONALES, MORFOLÓGICOS, SENSORIALES Y COMPORTAMENTALES	
a. Morfología de las alas	e. Modalidades de ecolocalización
b. Flexibilidad en los requisitos tanto de refugios como de recursos	f. Modalidades de caza y vuelo
c. Especializaciones de los individuos	g. Dependencia de la vegetación
d. Grado de movilidad	h. Sexo y etapa

Múltiples estudios a nivel regional (Printz & Jung, 2023; Jung & Threlfall, 2018; Threlfall, Law & Banks, 2021; Weller, Cryan & O'Shea, 2009) sugieren que las especies de quirópteros con mayor rango de movilidad, vuelo rápido y flexible, frecuencias de llamadas de ecolocalización bajas y estrategias de descanso más flexibles (mayores oportunidades de refugio) tienen más probabilidades de desarrollarse y dominar los conjuntos urbanos.

Mientras que las especies con áreas geográficas pequeñas, dieta reducida, vuelo lento y mayor frecuencia de llamadas son consideradas más sensibles a la urbanización. Un ejemplo de ello es *Chalinolobus gouldii*, especie la cual fue registrada alimentándose dentro de la categoría urbana y presenta adaptación abierta y marginal, vuelo rápido y ágil y llamada de ecolocalización de baja frecuencia (30 kHz) (Threlfall, Law & Banks, 2012).

Jung y Threlfall (2018) también demostraron, mediante un metanálisis, que la tolerancia urbana se producía principalmente en aquellas especies recolectoras aéreas, con estrategias de descanso flexibles, vuelos rápidos y maniobras ágiles durante los mismos. Destacaron el concepto de “aspecto” definido como la relación entre la envergadura y el área del ala, dado que, en todas las biorregiones e independientemente de la filogenia, aquellas especies con mayor proporción de aspecto tenían una mayor tolerancia urbana. Asimismo, detectaron una tendencia de mayor tolerancia urbana en aquellas especies de mayor peso, mayor carga alar (área del ala por masa corporal) y llamadas de mayor duración. También evidenciaron en dicho estudio que los patrones de tolerancia-evitación de las áreas urbanas eran específicos de cada especie y que solo en algunos casos las especies de murciélagos relacionadas a nivel de género o familia respondían de manera similar. Con ello demostraron que, para la mayoría de las especies estudiadas en este metanálisis, la respuesta a los hábitats urbanos no estuvo asociada a la filogenia, sino que guardaba mayor relación con la similitud funcional. Sin embargo, muchos de los rasgos tenidos en cuenta en este punto están anidados dentro de la filogenia, lo que indica, en cierto modo, un efecto indirecto sobre la probabilidad de que las especies toleren o eviten los entornos urbanos a través de los rasgos. Mediante comparaciones globales se podría, por ejemplo, evaluar la importancia relativa de la filogenia para la tolerancia urbana.

Los científicos promueven la realización de más estudios no solo a nivel regional, que son los que actualmente dominan la literatura sobre ecología urbana, sino también a nivel continental y global para comprender mejor todas estas adaptaciones, dado que la importancia relativa de las mismas varía entre las diferentes biorregiones y, por ejemplo, en América del Norte, la mayor tolerancia urbana ocurre en especies más pequeñas (Jung & Threlfall, 2018). En el metanálisis referido anteriormente, Jung y Threlfall pusieron de manifiesto que la filogenia, junto con las adaptaciones locales, solo explicaban alrededor del 17 % de la heterogeneidad en las respuestas de las especies, de modo que, independientemente de la relación filogenética y la ocurrencia biogeográfica, el potencial de las especies para tolerar las áreas urbanas se correlaciona con otros rasgos. Dado que las especies de murciélagos difieren en historia evolutiva y distribución geográfica, los estudios regionales no pueden, a día de hoy, extrapolarse, pero mediante un estudio más pormenorizado y con más biorregiones tenidas en cuenta se podría evaluar la consistencia de las correlaciones y ver si dichas adaptaciones pueden trascender a un carácter más extenso y/o general.

El grado de movilidad, los requisitos de recursos y la especialización son los tres rasgos globalmente consistentes que se correlacionan con la tolerancia/evitación urbana en todas las biorregiones y no solo en los murciélagos, sino también en aves, mariposas y plantas.

Dichos rasgos predicen con éxito la probabilidad de que una especie tolere las áreas urbanas, dándonos pie a establecer prioridades de conservación, así como capacidad de

mitigar los efectos negativos de la urbanización. Las similitudes funcionales son de gran preocupación ecológica, ya que una disminución en la diversidad funcional conduciría a la ruptura de muchas interacciones interespecíficas necesarias para los servicios ecosistémicos (Jung & Threlfall, 2018). Los efectos de la urbanización sobre los murciélagos insectívoros se hacen más visibles cuando se observa la composición de las especies de murciélagos por condición, como por ejemplo por modo de caza o ecolocalización. Así, las características morfológicas y de ecolocalización de estas especies las hacen más adecuadas para alimentarse en entornos cerrados o en zonas urbanas y rurales más abiertas, dotándolas de amplia plasticidad de forrajeo o de la capacidad de adaptarse a cambios estructurales (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

Otros aspectos que intervienen en la tolerancia o evitación urbana y que merecen un comentario en mayor profundidad son, por ejemplo:

- **Morfología de las alas** (Russo & Ancillotto, 2015; Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017; Ancillotto *et al.*, 2019): las especies más tolerantes tienden a presentar un antebrazo más corto. Las alas alargadas y estrechas de los murciélagos molósidos les permiten alcanzar altas velocidades y reducir el gasto energético en el vuelo. Este factor morfológico puede afectar potencialmente la búsqueda de alimento y los desplazamientos realizados en áreas urbanizadas.
- **Llamadas de ecolocalización:** un rasgo que promueve una mayor actividad de los murciélagos en áreas urbanizadas es la ecolocalización de menor frecuencia, que favorece, por ejemplo, la detección de presas en áreas abiertas (Threlfall, Law & Banks, 2012). La posibilidad de encontrar presas en áreas abiertas aumenta la disponibilidad de insectos para estas especies en un espectro más amplio de áreas urbanas, especialmente patios y parques, donde la cubierta vegetal se ha eliminado o simplificado durante el proceso de urbanización. Los murciélagos molósidos, por ejemplo (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017), presentan características de ecolocalización (atributos ecomorfológicos) que les permiten la localización de presas de vuelo rápido desde una distancia relativamente larga, lo que les ha favorecido en la búsqueda de alimento en áreas abiertas o con bajo porcentaje de cobertura arbórea, como son las ciudades. De este modo, la familia Vespertilionidae, gracias a su alta maniobrabilidad y la emisión de llamadas cortas de banda ancha, son capaces de alimentarse en áreas confinadas, como el interior de los bosques (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Otro ejemplo interesante y práctico puede verse en la especie *P. kuhlii* (Russo & Ancillotto, 2015), en la cual se han registrado diferentes llamadas sociales en dos zonas con diferente grado de urbanización al sur de Italia. En dicho caso, los murciélagos del área más urbanizada emitían llamadas sociales a frecuencias más bajas. A raíz de ello, se planteó la hipótesis de que esto podría ser el resultado de un proceso de adaptación acústica

destinado a reducir la atenuación y degradación de las llamadas que se propagan en el hábitat más complejo. La ecolocalización es otro factor que puede afectar la búsqueda de alimento y los desplazamientos realizados en áreas urbanizadas.

- **Modalidades de caza y vuelo:** como hemos comentado brevemente en la introducción de este apartado, las especies más tolerantes a las áreas urbanas son las que presentan mayor peso y mayor relación de aspecto, lo que se correlaciona con mayor velocidad de vuelo y mayor capacidad para sostener vuelos más largos (Jung & Threlfall, 2018). Esto les permite aumentar la eficacia de búsqueda de alimento cuando los recursos están dispersos por la ciudad en farolas, parques o cuerpos de agua y requieren de viajes más largos o actividades de búsqueda más prolongadas. Del mismo modo, las especies con alimentación aérea o de arrastre en espacios abiertos presentan mayor tolerancia urbana que las especies con detección de aleteo en espacios estrechos, especies de espiga o insectívoros aéreos que se alimentan en los bordes (Jung & Threlfall, 2018). En su artículo de 2015, Russo y Ancillotto plantean, con ejemplos, cómo el rendimiento de vuelo influye en gran medida en la capacidad de las diferentes especies de murciélagos para cruzar mosaicos urbanizados. Por ejemplo, las especies que se caracterizan por un vuelo rápido y alto, como los molósidos, son generalmente menos sensibles a las modificaciones de la cobertura terrestre, ya que su movimiento se entiende como independiente de las características estructurales; sin embargo, los murciélagos de vuelo lento y maniobrables, que buscan alimento mediante la recolección de espigas, pueden ser más sensibles a los efectos barrera causados, por ejemplo, por las carreteras, y son más reacios a cruzarlas.
- **Flexibilidad de requisitos:** cuando una especie duerme solo en una categoría (cuevas, árboles, techos, puentes...) se considera especialista de dormideros, mientras que cuando duerme en varios tipos se considera dormidero generalista. Jung y Threlfall (2018) demostraron que especies especialistas de ciertos tipos de dormideros eran más típicas de áreas no urbanas, en comparación con especies de requisitos de descanso flexibles, más típicamente urbanas. De igual manera ocurre con los requisitos alimentarios, de modo que aquellos más generalistas tienen mayor capacidad de adaptación ante cambios en el ambiente, ya sean urbanos, climáticos o de otra índole. Por ejemplo, la abundancia de *Artibeus planirostris* detectada por Ballesteros y Racero-Casarrubia (2012) concuerda con las características generalistas en cuanto a dieta y uso del hábitat de la especie.

- **Dependencia de la vegetación:** de acuerdo con la hipótesis de tolerancia urbana, al igual que las especies de caza en espacios abiertos están más preadaptadas a la vida en la ciudad, las especies que dependen de la vegetación para descansar (huecos de árboles y estructuras de plantas) o buscar alimento (caza por forrajeo o detección de aleteo) se verían más afectadas por la urbanización, necesitando más acciones de conciliación urbana, como por ejemplo la implementación de grandes parches de vegetación.

7.2. Relaciones intraespecíficas e interespecíficas

Con respecto a las relaciones con otros individuos, ya sean de la misma o de distintas especies (*Tabla 5*), uno de los aspectos a tener más en consideración es el número y la variabilidad total de murciélagos de la zona, ya sean urbanos o forestales. Esta información, además de representar la biodiversidad de la región, también nos ofrece una idea de las especies que pueden verse en la ciudad, aunque solo sea para determinados requerimientos (descanso o alimento mayormente), así como de las necesidades de conservación que pueden ser requeridas. Un ejemplo de dichas necesidades, que podemos descubrir sabiendo las especies que visitan o habitan nuestras ciudades, puede ser: especies con requerimientos de dormitorios similares pero con falta de los mismos para todos (competición), o especies forestales que cazan en zonas de luz artificial típicas de las ciudades, como las farolas (necesidad de corredores urbanos).

Tabla 5. Listado de las principales relaciones tanto intra como interespecíficas por las que se ven afectados los murciélagos urbanos. *Elaboración propia.*

RELACIONES INTRAESPECÍFICAS E INTERESPECÍFICAS
a. Presencia de especies competidoras
b. Presencia de especies oportunistas o invasoras
c. Presencia, diversidad y disponibilidad de presas
d. Especies de quirópteros de las regiones circundantes

Tena *et al.* (2020) demostraron que la aparición de especies de quirópteros en los parques urbanos era una muestra reducida del conjunto regional de especies totales, teniendo una relación positiva la aparición de especies en parques y el campo circundante.

Los patrones observados en ese estudio sugirieron que los murciélagos más distribuidos a escala regional eran los más frecuentes en los parques de matriz urbana, aunque con menores ocupaciones. Es decir, en los parques urbanos se da un conjunto limitado de especies regionales abundantes y, cuando lo hacen, son menos frecuentes que en las tierras de cultivo y bosques del campo circundante a la ciudad.

Además de estas relaciones, una de las más destacadas es la presencia de especies oportunistas y/o invasoras, como pueden ser los gatos domésticos (Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019) o las cotorras de Kramer (Hernández-Brito *et al.*, 2018). Los gatos domésticos, en especial los ferales, ya son considerados una de las principales causas de descenso poblacional de especies periurbanas, entre los que se encuentran pequeñas aves, reptiles y animales más grandes como los murciélagos. Por otra parte, la competición por los lugares de descanso o reproducción con especies invasoras, así como la perturbación que estas generan, ya han sido señaladas como causas de descenso poblacional en especies como el gorrión común.

Uno de los artículos más destacables en este ámbito es el liderado por Hernández-Brito (2018), centrado en la relación entre *Psittacula krameri* y *Nyctalus lasiopterus*, dado que ambas especies comparten preferencias por las mismas cavidades de los árboles para la reproducción. Mientras que la primera es de las aves invasoras más estudiadas y considerada como una de las 100 peores especies exóticas de Europa, la segunda es la especie de murciélago más grande de Europa y clasificada además como Vulnerable en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. En este artículo se evidenció que, mientras que el número de nidos de cotorras se multiplicó por 20 en 14 años, el número de árboles ocupados por nóctulos disminuyó en un 81 %. Además de dicho desplazamiento, las cotorras mostraron comportamientos altamente agresivos con los nóctulos, lo que a menudo resultaba en la muerte de estos últimos. El grupo de estudio demostró también que la probabilidad de que una cavidad de árbol estuviera ocupada por nóctulos estaba relacionada con el tamaño de su entrada, la altura sobre el suelo y con las distancias más cercanas a otros refugios de nóctulos o nidos de cotorras. De igual modo, demostraron que la probabilidad de abandono de árboles estaba relacionada positivamente con la presencia de nidos en el mismo árbol y con la agrupación de nidos alrededor del árbol. Estos resultados indican un fuerte impacto tanto por el desplazamiento de lugar como por la muerte de competidores, y resaltan la necesidad de investigación a largo plazo para desmascarar impactos inesperados de la fauna invasora que, de otro modo, pasarían desapercibidos.

Por último, una de las relaciones más estudiadas en los últimos años es la presencia de presas en los diferentes entornos, ejemplo de lo cual es el artículo elaborado por Caragh Threlfall, Bradley Law y Peter Banks (Threlfall, Law & Banks, 2012), donde se pone de manifiesto que las relaciones entre murciélagos e insectos no solo están limitadas por la

abundancia de los mismos, sino también por su accesibilidad. En dicho artículo se predijo que los paisajes con suelos ricos en nutrientes sustentarían una mayor biomasa de insectos y una mayor actividad de alimentación por parte de los murciélagos, comparado con paisajes pobres en nutrientes, pero también se discutía la biodisponibilidad de los mismos por la ausencia de espacios abiertos y la presencia o ausencia de cubierta vegetal óptima para la caza, es decir, por la posibilidad de vuelos y detección de presas. Remarcaban que la densidad de viviendas era incluso un mejor indicador que los atributos de la vegetación ante la disminución de los insectos y el consiguiente comportamiento alimenticio de los murciélagos. Sería interesante realizar más investigaciones, además de en el número y especies de insectos, para ver si la biomasa de los mismos (mosquitos, polillas...) presente en las ciudades está o no disponible para los murciélagos y las adaptaciones de caza que estos desarrollan en las distintas áreas urbanas.

7.3. Preferencias de hábitat

En este apartado se plasman diversos parámetros que afectan a los quirópteros en general y a los insectívoros urbanos en particular (*Tabla 6*). Entre ellos destacan: la extensión urbana, el porcentaje de superficie impermeable, la estructura de la vegetación o el contraste verde. También hay que tener en cuenta los efectos aditivos de los mismos, y que la combinación de las distintas condiciones afecta a la idoneidad del hábitat, influyendo en: la presencia de murciélagos, la actividad general, el comportamiento alimenticio o la actividad social. Un ejemplo de ello puede encontrarse en ciudades altamente urbanizadas que ofrecen grandes áreas de descanso, pero subutilizadas respecto a la actividad alimenticia, influido todo ello, a su vez, por los requerimientos ecológicos y las aptitudes morfológicas particulares de cada especie. Destacan, de este modo, las diferencias en cuanto a la relevancia de las condiciones locales para explicar los distintos usos del hábitat, tanto en intensidad como en finalidad (Printz & Jung, 2023). Por ejemplo, Jung y Threlfall (2018) revelaron mediante un metanálisis una reducción del 34 % en la intensidad del uso del hábitat urbano en comparación con áreas no urbanas, aunque esta variación fue extremadamente dependiente de cada especie.

Tabla 6. Listado de los principales factores que afectan a los murciélagos para el establecimiento de sus colonias en las urbes. *Elaboración propia.*

PREFERENCIAS DE HÁBITAT	
a. Amplitud del hábitat	g. Carreteras y tráfico rodado
b. Cobertura arbórea, leñosa y/o vegetal y parches vedes	h. Viviendas: densidad, edad, altura
c. Disponibilidad de refugios	i. Distancia entre los dormideros o zonas de alimentación y el límite más cercano de la ciudad
d. Disponibilidad de agua	j. Uso de la tierra
e. Luz artificial nocturna	k. Microclima
f. Ruido antropogénico	

Uno de los grandes problemas para abordar la conservación de los quirópteros es, de hecho, este entramado de factores por los que se ven afectados y que se manifiestan a diferentes escalas espaciales y temporales. Dichas complejidades pueden ayudar a explicar los distintos resultados que se obtienen al comparar actividades y especies de murciélagos en diferentes zonas o la alta variabilidad en el éxito predictivo de distintas biorregiones. En el artículo liderado por Russo (2021) se observó, de forma general, que los quirópteros respondían a la calidad del agua y a la urbanización de manera independiente. Además, más allá de las respuestas específicas de cada especie, las poblaciones adaptadas a distintas regiones geográficas mostraban respuestas diferentes a otras poblaciones en otras regiones, y las respuestas registradas a escala local se hacían igualmente evidentes a escala de paisaje.

La diversidad de especies que podemos encontrar está en cierto modo supeditada al tipo de ambiente en el que nos encontremos. Por ejemplo, murciélagos recolectores como *Myotis* sp. y *Plecotus* sp. son abundantes en jardines y huertos; especies como *Nyctalus leisleri* y *Eptesicus* sp. se asocian normalmente a lugares con mayor complejidad de vegetación (bosques); y los *Pipistrellus* (tanto *P. pipistrellus* como *P. nathusii*) son más tolerantes a superficies impermeables y típicos de zonas con alta densidad de construcciones, en detrimento de menor vegetación.

A continuación, se describen los distintos factores que conforman dicho entramado y que deben considerarse en la conservación de los quirópteros.

El **uso de la tierra** influye en la actividad de los murciélagos. La actividad en tierras agrícolas es mayor en aquellas de baja intensidad que en las convencionales, seguramente debido a la amplia gama de recursos que ofrece la primera y al uso de productos químicos en las segundas. Esto fue evidenciado en un estudio realizado en cultivos de soja, donde se compararon la abundancia de insectos y su disponibilidad en cultivos orgánicos y

convencionales (Russo *et al.*, 2021).

Los murciélagos pueden variar sus **áreas de distribución** según su estado y demandas energéticas; por ejemplo, las hembras durante la gestación permanecen en áreas más limitadas, mientras que durante la lactancia las amplían considerablemente, dirigiéndose hacia áreas más productivas (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009). Los *Nyctalus lasiopterus* del suroeste de España presentan una gran amplitud territorial, al estar su actividad afectada por la segregación de recursos, recorriendo diariamente largas distancias (hasta 25 km) entre zonas de alimentación y de descanso (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009). El área de Doñana y las marismas del Guadalquivir fueron seleccionadas positivamente por estos murciélagos para actividades de alimentación, pero actualmente carecen de suficientes dormideros. Es por ello, que una de las poblaciones más grandes de estos nóctulos gigantes se encuentra en Sevilla, donde el parque de María Luisa ofrece una alta densidad de refugios, aunque no constituye un lugar óptimo de alimentación.

Con respecto a los requisitos dispersos, la **falta de conectividad**, por ausencia de verdor y vegetación, entre las zonas boscosas y las urbes, e incluso dentro de estas, restringe la accesibilidad a sitios con mayores y mejores recursos. Por ello, la conservación de zonas verdes, ya sean prados en aldeas, árboles viejos en parques urbanos o jardines en casas, es esencial para la conservación de la biodiversidad en las zonas más influenciadas por el hombre (Printz & Jung, 2023). Los elementos verdes pueden servir como corredores y conectores entre las aldeas, las ciudades y la matriz paisajística circundante, permitiendo y asegurando el movimiento de la fauna (Printz & Jung, 2023).

La gran extensión de territorios y mayor distribución de los nóctulos gigantes de Doñana, en comparación con los urbanos (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009), puede deberse al frecuente cambio de **dormideros o refugios** en un áreas donde el forrajeo es óptimo pero los refugios son escasos y dispersos. En relación a la importancia de los refugios, estos son recursos fundamentales en la historia natural de los murciélagos (Russo & Ancillotto, 2015). Las preferencias de refugios también determinan la presencia de murciélagos a escala regional y, por ejemplo, las especies más distribuidas suelen ser aquellas que habitan en fisuras. La disponibilidad de refugios influye tanto en la distribución geográfica como en la diversidad de las comunidades de murciélagos. Tal llega a ser la necesidad e importancia de estas estructuras, que a medida que los refugios naturales se han vuelto más escasos por la pérdida de hábitat y el cambio de uso del suelo, los edificios y otras construcciones humanas (puentes, túneles, etc.) han adquirido gran valor para los murciélagos, con multitud de especies que se refugian en dichos lugares, ya sea de forma dominante o exclusiva. La influencia de los refugios urbanos puede incluso modificar la ecología y el comportamiento de los murciélagos, ya que los microclimas más cálidos de estos refugios pueden reducir los costos de homeotermia, adelantar la reproducción o mejorar el

crecimiento de las crías. Sin embargo, también pueden tener consecuencias negativas para su salud, al soportar los refugios urbanos colonias más grandes que los naturales, alterando la propagación de enfermedades y los patrones de cambios de refugio en respuesta a perturbaciones humanas.

Los quirópteros están expuestos a la deshidratación debido a su morfología y fisiología (alta relación superficie-volumen corporal), y los **cuerpos de agua**, tanto artificiales como naturales, desempeñan un papel crucial en su ecología, brindando vitales oportunidades dignas de preservar (Gili *et al.*, 2020; Ancillotto *et al.*, 2019). Por ello, los murciélagos suelen asociarse con sitios de agua, los cuales constituyen importantes hábitats para la alimentación o como puntos de referencia para desplazamientos y migraciones, siempre considerando que su uso dependerá de la calidad del agua y la vegetación ribereña asociada (Russo *et al.*, 2021; Russo & Ancillotto, 2015; Gili *et al.*, 2020; Ancillotto *et al.*, 2019). Entre las fuentes artificiales destacan estanques, embalses, abrevaderos y piscinas, presentes tanto dentro como cerca de las zonas urbanas, y entre las naturales destacan estanques, lagos y ríos. La disponibilidad de fuentes de agua puede influir significativamente en la persistencia de las poblaciones en hábitats urbanos. Del mismo modo, las características de los estanques y otras fuentes de agua, así como los patrones estructurales del paisaje circundante, pueden modular el uso de las mismas por parte de los murciélagos.

Con respecto a la alimentación, muchos dípteros, dieta común de los quirópteros insectívoros, abundan en sitios de agua, especialmente en los lénticos, donde se reproducen en grandes cantidades, proporcionando un recurso trófico vital. También son importantes las marismas como lugares idóneos de busca de alimento, al ofrecer alta disponibilidad de insectos en comparación con otros ecosistemas más áridos (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009). Ancillotto y su equipo (2019) demostraron que la riqueza de especies de murciélagos se vio influenciada principalmente por la disponibilidad de vegetación boscosa en un radio de 1.000 m alrededor de los estanques, mientras que la actividad de los murciélagos se vio afectada por las diferentes características del hábitat de forma específica para cada especie, aunque respondiendo todas positivamente a la proximidad de los estanques a elementos lineales del paisaje y a la cantidad de hábitat de ribera. Este radio de 1.000 m puede ser representativo del tamaño de las áreas de alimentación, haciendo que las zonas de amortiguamiento alrededor de las fuentes de agua sean cruciales para la gestión del paisaje y la conservación de comunidades de murciélagos urbanos. En este artículo también se vio que algunas especies prefieren humedales con superficie de agua libre de vegetación emergente, como suele encontrarse en estanques ornamentales urbanos, donde la vegetación emergente se limita a franja estrecha en las orillas. Una gestión adecuada de los factores que caracterizan los estanques y del hábitat circundante puede mejorar la viabilidad de poblaciones sinúrbicas. La calidad del agua puede usarse además como bioindicador, no solo de la presencia de quirópteros, sino

también de otras especies de interés para la conservación (Russo *et al.*, 2021). Entre los índices oficiales destacan STAR_ICMi, basado en invertebrados macrobénticos, e IFF, índice de funcionalidad fluvial, que evalúa tanto características bióticas como abióticas para la salud del ecosistema.

En cuanto a la conservación de murciélagos, conviene tener en cuenta los posibles **tipos de hábitat** presentes a lo largo de sus zonas distribución: tierras abiertas (áreas agrícolas, de cultivo y pastos), áreas boscosas (arbustos y vegetación leñosa), áreas ribereñas (canales, marismas y cursos de agua) y áreas urbanas (parques y jardines). La vegetación leñosa y la cobertura arbórea son componentes clave para una mayor diversidad y abundancia de quirópteros (Printz & Jung, 2023). La proximidad de áreas montañosas boscosas a la matriz urbana aumenta la heterogeneidad del paisaje y reduce el impacto de la urbanización sobre estas especies al ofrecer diversos refugios y hábitats de alimentación (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Esto explicaría parcialmente la presencia de algunas especies que pueden alimentarse en áreas urbanas, pero prefieren buscar refugio en los bosques y cuevas circundantes.

Siempre que nos referimos a vegetación hay que tener en cuenta el uso y dispersión de **pesticidas**. Estos influyen tanto a gran escala, afectando a los ambientes agrícolas y circundantes, como a pequeña escala, afectando a parques y jardines urbanos. La intensificación del uso de la tierra en paisajes agrarios o agrícolas provoca, por una parte, homogenización y, por otra parte, pérdida de hábitat; así mismo ambas conllevan un descenso en la abundancia de insectos presa.

El **bosque** es un hábitat esencial para la mayoría de los murciélagos, especialmente en entornos urbanos, donde los árboles proporcionan cobertura durante la búsqueda de alimento (Ancillotto *et al.*, 2019). Así mismo, los bosques promueven el ciclo de vida de muchas especies de insectos y proporcionan cavidades que los murciélagos utilizan como refugios (Ancillotto *et al.*, 2019). Una de las mayores influencias y bazas en la conservación es la gestión forestal (Russo *et al.*, 2021) al influir esta en la heterogeneidad y edad de los bosques, así como en la presencia de bordes, claros y maleza, que brindan distintas oportunidades a distintas especies según sus estrategias. Por ejemplo, el monte bajo ofrece una alta densidad de árboles de pequeño diámetro, adecuado para descansar y alimentarse, y genera claros y bordes, lo que favorece a especies especialistas de borde como *Pipistrellus*. Por el contrario, el bosque alto alberga árboles veteranos o muertos que ofrecen cavidades y espacios para búsqueda de alimento, ideales para especies recolectoras de follaje o suelo. No hay una gestión mejor que otra, sino que esta se debe adaptar a las especies presentes, siendo conscientes de la diversidad existente y ofreciendo aquellos recursos más limitados.

En el artículo de Gili y su equipo (2020) se evidenció que muchas especies se asociaban significativamente con la cobertura forestal, ya fuese continua o discontinua; de este modo, las ciudades con buena cobertura y redes arbóreas mejoraban la resiliencia de algunas poblaciones de quirópteros frente a la urbanización. La preferencia por bloques de bosque fragmentados sugiere que la mayoría de los murciélagos prefieren una mayor complejidad y heterogeneidad del hábitat, aprovechando una amplia gama de ecotonos (praderas, bosques, márgenes...). Printz y Jung (2023) mostraron que mayor cobertura de vegetación, especialmente leñosa, beneficiaba los encuentros sociales de murciélagos. Sin embargo, también mostraron que la actividad incrementaba con el aumento de contraste verde a escala local y disminuía con mayor heterogeneidad estructural de la vegetación.

Se han observado efectos positivos incluso en pequeñas áreas de vegetación, como pueden ser los **jardines residenciales o urbanos, árboles aislados o huertos**. Esto pone de manifiesto la importancia de las decisiones locales sobre manejo verde, las cuales pueden favorecer la presencia de distintas especies de quirópteros en paisajes urbanizados (Printz & Jung, 2023). La vegetación urbana es crucial para incrementar la idoneidad del hábitat, convirtiéndose en parches seminaturales que permiten prosperar a las especies dentro de la matriz urbana (Printz & Jung, 2023; Tena *et al.*, 2020). Ejemplo de ello pueden ser los patios traseros, que proporcionan mayor biomasa de insectos para alimentación (Threlfall, Law & Banks 2012).

Con respecto a las zonas verdes urbanas, hay que destacar el artículo de Tena y su equipo de 2020 en el cual se estudiaron distintos tipos de parque urbano que variaban en: área, distancia al borde de la ciudad, cobertura de pasto, arbustos y árboles, número de especies vegetales, altura de árboles, grosor del tronco y presencia/ausencia de cuerpos de agua. A pesar de los múltiples factores estudiados, se puso de manifiesto la necesidad de incluir también en las investigaciones la edad del parque, el ruido antropogénico, el tráfico rodado y la contaminación lumínica. El área fue el principal determinante de la riqueza de murciélagos, de ese modo, se mostró que a menor área, menor riqueza. La distancia al borde urbano fue la segunda característica más influyente, en este caso, a mayor distancia, menor número de especies. Y por último, la diversidad florística y maderera fue la característica menos influyente, aunque se ha demostrado que las áreas con buena vegetación siguen siendo el principal hábitat de alimentación de los murciélagos insectívoros urbanos. De este modo, se puso de manifiesto que la diversidad de especies está relacionada más con la configuración del paisaje y no tanto con la estructura interna del parque urbano. Además, la riqueza de murciélagos mostró un patrón anidado: las especies más comunes en toda la gama de parques eran las más frecuentes en los campos circundantes, y las menos frecuentes aparecían solo en los parques más grandes. En esencia, este artículo expuso que los parques más grandes y cercanos al borde urbano mostraron la mayor riqueza, posiblemente por intercambio de especies urbanas y

forestales. Se observó también que la mayoría de los murciélagos detectados en los parques eran especies que habitaban en fisuras, y no se detectaron murciélagos que habitasen en árboles o cuevas en la ciudad. Esto podría estar relacionado con la falta o escasez de cuevas, estructuras abandonadas o grietas adecuadas en los árboles urbanos.

Las especies que se observan en los parques urbanos son una representación de las presentes a escala regional, actuando dichos parques como receptores pasivos del conjunto regional de quirópteros. Por ello, para conservar las especies urbanas, no basta con centrarse en ellas; es necesario considerar los procesos que actúan a escalas espaciales mayores, ya que la comunidad local se forma a partir del conjunto regional, estableciendo la distribución y riqueza de especies en hábitats fragmentados. Del mismo modo que en las ciudades, la riqueza de especies en los parques está determinada por las limitaciones de los paisajes fragmentados, afectando los distintos factores en distinta proporción según los rasgos de cada especie, recalando que las especies de murciélago pueden, cualquiera que sea la ubicación de sus zonas de descanso, variar entre más de un parque en busca de alimento dentro de una misma matriz urbana.

Como hemos visto brevemente en el apartado de “falta de conectividad”, otro elemento de gran importancia y defensa en las ciudades son los **setos, corredores forestales y parches verdes**, como calles arboladas (Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019; Printz & Jung, 2023). Estos elementos ofrecen la posibilidad de descanso, alimento y escala migratoria entre zonas dispersas y también ayudan a la conectividad entre áreas extensas con recursos segregados. Los corredores biológicos, independientemente de su tamaño, facilitan el movimiento de murciélagos, y las infraestructuras urbanas pueden interrumpir o favorecer dicho movimiento según su gestión (Russo & Ancillotto, 2015).

Los **nutrientes del suelo** también influyen en la abundancia de quirópteros. Threlfall, Law y Banks (2012) sugirieron que tanto la actividad como la riqueza de murciélagos responden a los nutrientes del suelo al ser ambas mayores en aquellos más fértiles. Por ejemplo, el área de matorral fue un buen indicador en suelos fértiles, pero no en suelos pobres, resaltando la necesidad de cautela al interpretar los resultados de estudios a gran escala que no consideren las variaciones en la productividad del hábitat. En zonas de aguas residuales, típicas de las grandes urbes, los cambios de nutrientes que estas generan alteran la composición y abundancia de insectos nocturnos, y con ello la presencia de ciertas especies. En el artículo de Threlfall, Law y Banks (2012), estos mismos investigadores encontraron que la densidad de viviendas, la geología del paisaje y la biomasa de polillas fueron los indicadores más frecuentes de actividad individual, explicando más del 60 % de la variación para algunas especies. Las variables ambientales, sin embargo, explicaron en este estudio “tan solo” el 24,5 % de la variación total entre la actividad de las especies.

La **actividad específica** de los murciélagos se ve influenciada por la intensidad de urbanización, y las diferentes respuestas de las especies dependen de las condiciones locales del hábitat (calidad del mismo) y de las características de las ciudades (alumbrado público, cobertura vegetal, densidad arbórea) (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). De este modo, mientras que la extensión urbana y la composición del vecindario influyen en la aparición de unas u otras especies, las condiciones locales de la ciudad (estructurales y arquitectónicas) afectan a la actividad de los individuos. Dicha actividad, ya sea general, de descanso, alimentación o social, también se ve afectada por el manejo forestal y la gestión de la cobertura vegetal, mostrando distintas respuestas y variaciones según la especie (Russo *et al.*, 2021; Printz & Jung, 2023). Printz y Jung (2023) observaron que la actividad de los murciélagos aumentaba con la presencia de espacios verdes locales y vegetación antigua, leñosa y de estructura abierta. Pero antes de hacer cualquier afirmación o extrapolación hay que valorar la especie o especies a las que hacemos referencia ya que, mientras que aquellas sensibles a la contaminación lumínica se benefician de árboles grandes y viejos que amortiguan estos efectos, los murciélagos recolectores de espigas prefieren vegetación no leñosa como praderas y huertos, facilitando su caza y alimentación.

En cuanto a los procesos de urbanización, la **densidad, altura y antigüedad de las viviendas** también afectan a la ecología urbana de los quirópteros. En general, y a nivel de paisaje, se puede observar una relación negativa entre la cantidad de espacio urbano y la riqueza de murciélagos, de este modo, a mayor urbanización, menor riqueza y actividad de quirópteros (Russo *et al.*, 2021; Printz & Jung, 2023; Threlfall, Law & Banks, 2012). No obstante, las áreas urbanas ofrecen grandes oportunidades de descanso (techos, puentes, árboles...) y alimentación (estanques, árboles...) para muchas especies (Russo *et al.*, 2021). La urbanización puede tener consecuencias drásticas para la diversidad, pero hay que diferenciar entre riqueza de especies y abundancia de individuos, ya que aunque la riqueza es generalmente baja en las áreas urbanas, la abundancia total aumenta debido a la presencia de especies tolerantes (Printz & Jung, 2023; Threlfall, Law & Banks, 2012).

En el artículo de Printz y Jung (2023), por ejemplo, se observó que, a medida que se extendía el área urbana, disminuía la variedad de especies, hasta cierto punto, puesto que, con el aumento de espacios verdes, aumentaba el número de especies presentes. En ese mismo artículo también se estudiaron las edades de las áreas urbanas, poniendo de manifiesto que la actividad de los murciélagos se veía afectada tanto por las características arquitectónicas como por los parámetros estructurales de la vegetación. De este modo, la presencia y actividad de los murciélagos disminuía con mayor proporción de superficies impermeables y viviendas de nueva construcción. La mayor actividad se registró en áreas con casas construidas entre 1950 y 2000, con peor aislamiento, grandes jardines e incluso con estanques o barriles de lluvia. Por el contrario, áreas con viviendas anteriores a 1900 y posteriores a 2000 mostraron menor actividad, probablemente por la renovación y

modernización de los edificios, lo cual solventa el aislamiento y elimina grietas aprovechables por murciélagos. La altura de edificios también fue un factor influyente, disminuyendo la actividad con el aumento de la altura. Los mayores registros se hallaron en zonas residenciales con edificaciones de 1-2 pisos, las cuales presentaban en su mayoría jardines, generando un mosaico de vegetación. Así mismo, las áreas de nueva construcción carecen de árboles viejos, estando normalmente rodeadas de vegetación muy joven que no ofrecen ni refugio ni alimentación a los quirópteros. Por todo ello, el aumento de la urbanización y de las superficies impermeables, así como la disminución de las zonas verdes altera y afecta la presencia, comportamiento y composición de especies de quirópteros.

Es de resaltar el papel de las aldeas rurales y las áreas con desarrollo moderado, así como de los suburbios y las ciudades más pequeñas. Todas estas superficies proporcionan un hábitat adecuado de descanso y alimentación para aquellas especies menos tolerantes a la urbanización. Destacando así la importancia de proteger los paisajes heterogéneos y salvaguardar la diversidad presente en ellos, asegurando los servicios ecosistémicos que los quirópteros, entre otros animales, nos ofrecen (Printz & Jung, 2023).

Entre los factores cada vez más sinónimos de perturbación y grandes zonas urbanas destacan las **carreteras**, el **tráfico rodado**, el **ruido antropogénico** y la **luz artificial nocturna**. El ruido, de personas o fábricas, dificulta el establecimiento de diversas poblaciones animales (Russo *et al.*, 2021; Russo & Ancillotto, 2015). Del mismo modo, las carreteras dividen hábitats y, el tráfico asociado a estas, aumenta los accidentes y la mortalidad de quirópteros y otros grupos animales.

En relación con el **ruido urbano**, este afecta al comportamiento y distribución de los murciélagos, especialmente por la relevancia que la acústica juega en su vida y supervivencia; sin embargo, ha sido un aspecto poco explorado. En uno de los escasos estudios relacionados con el ruido y llevado a cabo en condiciones de laboratorio (Russo & Ancillotto, 2015), se ha demostrado que el rendimiento de escucha pasiva de la especie *Myotis myotis* durante la búsqueda de presas terrestres (artrópodos) se ve afectado por el ruido del tráfico. Estos murciélagos detectan la presencia de presas por los crujidos que realizan los insectos al moverse por el sustrato, y al enmascarar el propio tráfico el ruido natural de las presas, se reduce el éxito de la captura y se alteran los tiempos de búsqueda de las presas.

La **luz artificial nocturna**, también referida como ALAN (Ambiente Luminoso Artificial Nocturno), juega un papel doble en los murciélagos favoreciendo a aquellas especies más tolerantes y perjudicando a las más sensibles. Dicha luz artificial afecta a sus conductas e interacciones ecológicas y, aunque la contaminación lumínica representa una amenaza para multitud de quirópteros, algunos parecen haberse especializado y se sienten atraídos por la iluminación artificial debido a las oportunidades de alimento que ofrecen (Russo *et*

al., 2021; Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019; Russo & Ancillotto, 2015; Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Las farolas son un componente estrechamente asociado a las zonas urbanas y el número de las mismas un factor que posiblemente defina la concentración de especies en estas áreas a través de su influencia en los recursos alimentarios. El aumento de la luz artificial podría también tener efectos en la eficiencia de búsqueda de alimento al ofrecer una mayor cantidad de presas en un área relativamente pequeña, reflejando ello un mayor o menor costo energético durante la búsqueda de alimento (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

En distintos artículos se ha demostrado que las especies pertenecientes a las familias Molossidae (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012; Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019) y Vespertilionidae (Printz & Jung, 2023; Saldaña-Vázquez, Ferreyra-García & Vázquez-Domínguez, 2019; Gili *et al.*, 2020), pueden utilizar farolas (luz blanca HID o LED) como sitio de forrajeo, mostrando un comportamiento oportunista; sin embargo otras especies disminuyen su actividad en zonas iluminadas. Un ejemplo de ello puede ser el género *Nyctalus*: mientras que *N. lasiopterus* no se ha visto mostrando este comportamiento de caza oportunista (Popa-Lisseanu, Bontadina & Ibáñez, 2009), *N. noctula* sí lo hace, viéndose en áreas cercanas a cuerpos de agua o con vegetación que mitigue las perturbaciones (Mediterráneo, s.f.). Ancillotto y su equipo (2019) observaron también que la luz artificial afectaba a nivel de especie: mientras que *P. kuhlii* aumentó su actividad en los estanques más cercanos a luces artificiales, *P. pygmaeus* mostró el patrón opuesto. Esto indica que *P. kuhlii* puede ser recolector de alumbrado público, aumentando localmente la actividad en sitios iluminados. Sin embargo, su distribución a gran escala parece verse afectada negativamente por la iluminación por lo que los efectos de las luces artificiales sobre estas y otras especies de murciélagos pueden ser específicos de la escala de estudio (Ancillotto *et al.*, 2019).

Por último, a modo de pinceladas y sin tener en cuenta la ciudad o ambiente estudiado, queremos destacar y recopilar posibles especies de relevancia en los entornos urbanos:

- La familia Molossidae se asocia positivamente a áreas urbanas, con mayor actividad y afectadas positivamente por número de farolas (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).
- *Molossus molossus* forma colonias en construcciones y techos, siendo abundante en zonas urbanizadas (Ballesteros & Racero-Casarrubia, 2012).
- Murciélagos recolectores (*Myotis* sp. y *Plecotus* sp.) son menos frecuentes en zonas urbanas para alimentarse, aunque pueden encontrarse en ciudades que brinden zonas verdes de protección (Printz & Jung, 2023).

- Murciélagos que cazan mediante el ruido de sus presas son típicos de pastizales y huertos, de zonas con vegetación no leñosa (Printz & Jung, 2023).
- La familia Vespertilionidae se relaciona negativamente con ciudades, registrándose principalmente en áreas naturales y aumentando actividad con densidad arbórea (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

8. CONCLUSIONES

Este trabajo nos ha servido como vehículo para subrayar y poner de manifiesto las múltiples amenazas a las que hacen frente los murciélagos en las urbes, las medidas de conservación que podemos llevar a cabo tanto a nivel de comunidades como a nivel estatal para ayudar en la conservación y el gran entramado y/o factores por los cuales se ven influenciados los quirópteros.

En los distintos puntos de la redacción se ha repetido la falta y necesidad de más investigación en torno a estos animales tan beneficiosos para los ecosistemas. Instamos, por tanto, al estudio de las diferentes poblaciones de murciélagos, teniendo en cuenta todos los grupos demográficos (edad, sexo, estado reproductivo), dado que, como hemos visto, las diferencias en distribuciones estacionales, estrategias reproductivas y necesidades, ya sean alimentarias, de alojamiento o de termorregulación, derivan en distintos requerimientos y necesidades de conservación. También alentamos al estudio de los murciélagos insectívoros urbanos y periurbanos específicamente en cada área o zona, con anterioridad al desarrollo de medidas de conservación. De este modo, se expondría la realidad a la que se enfrentan en dicha área estudiada y se podrían desarrollar acciones mitigadoras más enfocadas y efectivas, más acordes a cada situación y población.

Quisiéramos remarcar, finalmente, la importancia de desarrollar métodos y procedimientos analíticos para evaluar y comparar, el estado de las poblaciones de quirópteros. La conservación parte de saber en qué estado se encuentran las especies, y todas las medidas de conservación se quedarían a medio camino si no somos capaces de observar científicamente un cambio o evolución. Del mismo modo, toda medida de mitigación debe iniciarse con el conocimiento de la población que nos concierne en nuestro entorno, para lo cual podemos emplear herramientas como, por ejemplo, los modelos de ocupación, que determinan la presencia o ausencia de especies. Rogamos, por tanto, la investigación de otros métodos y procedimientos analíticos para el estudio del estado de las poblaciones, al ser esta la base de la conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ancillotto, L., Bosso, L., Salinas-Ramos, V. B. & Russo, D. (2019). *The importance of ponds for the conservation of bats in urban landscapes*. Landscape and Urban Planning, 190, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103607>.

Ballesteros, J. C. & Racero-Casarrubia, J. (2012). *Murciélagos del área urbana en la ciudad de Montería, Córdoba-Colombia. Urban Bats from the City of Monteria, Cordoba-Colombia*. In Rev.MVZ Córdoba (Vol. 17, Issue 3).

BOE. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 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. Pág. 38/40.

Diario Oficial de la Comunidades Europeas. Nº L 206 pag.7-50. Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

EUROBATS. *Acuerdo sobre la Conservación de las Poblaciones de Murciélagos Europeos*. (Desde 2004). <https://www.eurobats.org/>.

Gallo, T., Lehrer, E. W., Fidino, M., Kilgour, R. J., Wolff, P. J. & Magle, S. B. (2018). *Need for multiscale planning for conservation of urban bats*. Conservation Biology, 32 (3), 638–647. <https://doi.org/10.1111/cobi.13047>.

Gehrt, S. D. & Chelsvig, J. E. (2004). *Species-specific patterns of bat activity in an urban landscape*. Ecological Applications, 14 (2), 625–635. <https://doi.org/10.1890/03-5013>.

Gehrt, S.D. & Chelsvig, J.E. (2008). *Bat Activity in an Urban Landscape: Patterns at the Landscape and Microhabitat Scale*. In: Marzluff, J.M., et al. Urban Ecology. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_29.

Gili, F., Newson, S. E., Gillings, S., Chamberlain, D. E. & Border, J. A. (2020). *Bats in urbanising landscapes: habitat selection and recommendations for a sustainable future*. Biological Conservation, 241, 108343. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108343>.

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*. Royal Society Open Science, 5 (5). <https://doi.org/10.1098/rsos.172477>.

IUCN. *Resolución 019 Protección de los murciélagos contra los programas de sacrificio selectivo*. Congreso Mundial de la Naturaleza. Hawái, Estados Unidos de América. Septiembre 2016. WCC_2016_RES_019_ES.

Jung, K. & Threlfall, C. G. (2018). *Trait-dependent tolerance of bats to urbanization: A global meta-analysis*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1885). <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1222>.

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 Ecosystems, 20 (1), 217–225. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0582-9>.

Mediterráneo, E. L. (s.f.). *La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas -Evaluación Regional - El Estado de conservación y la distribución de los mamíferos mediterráneos*.

National Geographic. (2018). *Por el bien de los murciélagos*. <https://origin-www.ngenespanol.com/naturaleza/l-industria-eolica-anunciara-cambios-para-proteger-a-los-murcielagos/>

Pablo Noriega. (2018). National Geographic en español. *Los murciélagos brindan grandes beneficios al hombre*. <https://www.ngenespanol.com/animales/los-murcielagos-brindan-grandes-beneficios-al-hombre/>.

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 (2), 126–133. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2009.00556.x>.

Printz, L. & Jung, K. (2023). *Urban areas in rural landscapes – the importance of green space and local architecture for bat conservation*. Frontiers in Ecology and Evolution, 11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1194670>.

Rainho, A. (2007). *Summer foraging habitats of bats in a Mediterranean region of the Iberian Peninsula*. Acta Chiropterologica. Vol.9. Nº 1. Pag. 171-181 <https://www.ingentaconnect.com/content/miiz/actac/2007/00000009/00000001/art00012>.

Rodríguez-Aguilar, G., Orozco-Lugo, C. L., Vleut, I. & Vazquez, L.-B. (2017). *Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats*. Urban Ecosystems, 20 (2), 477–488. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0608-3>. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-016-0608-3>.

Russo, D. & Ancillotto, L. (2015). *Sensitivity of bats to urbanization: a review*. *Mammalian Biology*, 80 (3), 205–212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.10.003>.

Russo, D., Salinas-Ramos, V. B., Cistrone, L., Smeraldo, S., Bosso, L. & Ancillotto, L. (2021). *Do we need to use bats as bioindicators?* *Biology*, 10 (8). <https://doi.org/10.3390/biology10080693>.

Saldaña-Vázquez, R. A.; Ferreyra-García, D. & Vázquez-Domínguez, G. (2019). *Bats in my city? Tips and considerations to coexist with them*. ISSN: 2395-8847. Año 12, No. 2, julio-diciembre de 2019.

SECEMU. Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos. (Desde 1991). <https://secemu.org/>.

Tellería, J. L. (2009). *Wind power plants and the conservation of birds and bats in Spain: a geographical assessment*. *Biodiversity and Conservation*, 18 (7), 1781–1791. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9558-2>.

Tena, E., Fandos, G., de Paz, Ó., de la Peña, R. & Tellería, J. L. (2020). *Size does matter: passive sampling in urban parks of a regional bat assemblage*. *Urban Ecosystems*, 23 (2), 227–234. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00913-2>.

Threlfall, C. G., Law, B. & Banks, P. B. (2012a). *Influence of landscape structure and human modifications on insect biomass and bat foraging activity in an urban landscape*. *PLoS ONE*, 7 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038800>.

Threlfall, C. G., Law, B. & Banks, P. B. (2012b). *Sensitivity of insectivorous bats to urbanization: Implications for suburban conservation planning*. *Biological Conservation*, 146 (1), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.026>.

Voigt, C. C., Scholl, J. M., Bauer, J., Teige, T., Yovel, Y., Kramer-Schadt, S., & Gras, P. (2020). *Movement responses of common noctule bats to the illuminated urban landscape*. *Landscape Ecology*, 35(1), 189–201. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00942-4>.

Weller, T. J., Cryan, P. M. & O'Shea, T. J. (2009). *Broadening the focus of bat conservation and research in the USA for the 21st century*. *Endangered Species Research* (Vol. 8, Issues 1–2, pp. 129–145). <https://doi.org/10.3354/esr00149>.

ANEXO 1

Diversidad de los órdenes y familias de murciélagos en la región mediterránea con detalle de endemismos.

ORDEN	FAMILIA	Nº ESPECIES	Nº ESPECIES ENDÉMICAS
Quirópteros	Emballonuridae	2	0
	Hipposideridae	2	0
	Molossidae	2	0
	Nycteridae	1	0
	Pteropodidae	1	0
	Rhinolophidae	6	0
	Rhinopomatidae	2	0
	Vespertilionidae	45	7

Listado de las especies endémicas de murciélagos mediterráneos

Myotis punicus
Nyctalus azoreum
Pipistrellus hanaki
Pipistrellus maderensis
Plecotus kolombatovici
Plecotus sardus
Plecotus teneriffae

EQUIVALE A UN 15,6%

ANEXO 2

Tabla informativa de las especies de murciélagos que podemos encontrar en España
(independientemente de su hábitat)

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	HABITAT	RELACIÓN CON EL HOMBRE	AMENAZAS	MITIGACIÓN
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago grande de herradura	Cavidades, minas, túneles, desvanes, bodegas	Acúmulo de excrementos en desvanes	- Lechuza común - Desaparición de los refugios - Molestias a los humanos - Degradación y pérdida de hábitat (deforestación, cambio de cultivos, transformación de cauces fluviales...) - Uso de pesticidas inespecíficos - Uso de antibióticos en ganado	- Protección de los refugios durante la cría y la invernada - Evitar molestias a las colonias: restringiendo acceso a personas (vallas, rejas), restauración de edificios respetando épocas críticas - Evitar conservantes de la madera (ej.: organoclorados)
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Murciélago pequeño de herradura	Cavernícola, cavidades subterráneas artificiales y edificaciones (sobrados, bodegas)	Molestias en viviendas habitadas por olor intenso de excrementos y ruido en época de cría	- Lirón gris - Pérdida de refugios por rehabilitación de edificios o ruina de los mimos - Competencia interespecífica por los refugios - Degradación y pérdida de hábitat (deforestación, cambio de cultivos, transformación de cauces fluviales...) - Uso de pesticidas organoclorados - Insecticidas agroforestales	- Concesiones de las subvenciones a los propietarios de edificaciones que contengan colonias - Regulación uso de insecticidas agroforestales
<i>Rhinolophus euryale</i>	Murciélago mediterráneo de herradura	Cavernícola, cuevas		- Desaparición de refugios - Molestias causadas a las colonias (sobre todo en época de cría e hibernación) - Degradación y pérdida de hábitats (incremento cultivos, urbanización)	- Protección de los refugios sobretodo en época de cría e hibernación - Controlar visitas a refugios potenciales (especialmente cuevas y minas y refugios subterráneos)

				- suelo, grandes infraestructuras) - Uso de pesticidas inespecíficos	- Evitar uso de plaguicidas inespecíficos
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Murciélago mediano de herradura	Cuevas, minas, refugios tanto cálidos como húmedos		- Alteración de los refugios y hábitats de alimentación - Pérdidas de refugios por actividades humanas - Cierres inadecuados de minas - Transformación del paisaje a intensificación agrícola o urbanizaciones crecientes	- Protección legal de los refugios, prohibición de entradas a personas a los refugios - Corregir los cerramientos inadecuados en los refugios - Favorecer la recolonización en paisajes desaparecidos con la implantación de bosques y pastizales arbolados, así como la protección de los mismos
<i>Myotis myotis</i>	Murciélago ratonero grande	Bosques maduros y abiertos, pastizales arbolados, cavidades subterráneas, desvanes cálidos y sótanos	Uso de espacios y edificios poco utilizados	- Lechuza común - Molestias causadas a los refugios por espeleoturismo - Cierres inadecuados por yacimientos arqueológicos o para evitar accidentes en minas - Cierres inadecuados en la restauración de edificios - Pérdida de hábitats de caza por agricultura intensiva y urbanificaciones	- Cierre correcto de acceso con vallados o rejas para evitar molestias - Protección legal del refugio - Protección de área de caza (25km) - Subvenciones o convenios para evitar el impacto de las anteriores medidas - Creación de cavidades para el uso por parte de esta especie
<i>Myotis blythii</i>	Murciélago ratonero mediano	Estepas y praderas, refugios en cavidades subterráneas y en menor medida desvanes, aljibes y bunkers	Uso de espacios y edificios poco utilizados	- Molestias continuadas en los refugios por espeleoturismo - Adecuación de cavidades para turismo	- Cierre de accesos mediante vallados y rejas para evitar visitas, seguimiento de los mismos - Protección legal del refugio

				- Cierre inadecuado de cavidades para protección de yacimientos o minas - Cambio de uso en edificios, remodelaciones y malos cierres	- Mantenimiento de los hábitats de alimentación - Política de compensación
<i>Myotis punicus</i>	Murciélago ratonero moruno	Cavernícola, cuevas, simas, túneles...	Zonas oscuras de edificios abandonados	- Acceso y vulnerabilidad de los refugios	- Medidas de protección en los refugios
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murciélago ratonero forestal	Bosques caudófilos y coníferas. Minas, simas y cuevas		- Destrucción de las masas forestales. - Manejo inapropiado de las masas forestales. - Uso de pesticidas en agricultura - Molestias a los refugios	- Protección de bosques - Uso de refugios artificiales
<i>Myotis capaccinii</i>	Murciélago ratonero patudo	Refugios cercanos a ríos, pantanos y humedales		- Alteración de sus refugios y hábitats de caza. - Instalación de rejas erróneamente. - Molestia de los refugios por parte de humanos	- Protección legal de los refugios. - Vallados periféricos que impidan la entrada de personas
<i>Myotis daubentonii</i>	Murciélago ratonero ribereño	Cursos y masas de aguas. Grietas y refugios en árboles, rocas, desvanes, túneles, cavidades...		- Gato doméstico oportunista - Uso de organoclorados como insecticida	
<i>Myotis escalerae</i>	Murciélago ratonero ibérico	Cavernícolas	Gran valencia ecológica.	- Cerramientos inadecuados	- Corrección de cerramientos
<i>Myotis cf nattereri</i>	Murciélago ratonero de Natterer	Cavernícolas	Gran valencia ecológica.	- Cerramientos inadecuados	- Corrección de cerramientos
<i>Myotis emarginatus</i>	Murciélago ratonero pardo	Eminentemente forestal		- Tratamiento de maderas en desvanes - Uso de organoclorados - Creciente turismo de aventura - Cierres inapropiados	- Permetrinas como alternativas a los organoclorados. - Subvenciones a los edificios con colonias en su interior.

					- Cierre al público de cavidades
<i>Myotis mystacinus</i>	Murciélago ratonero bigotudo	Eminentemente forestal		- Empleo de biocidas en actividades silvícolas - Degradación y destrucción de su hábitat natural. - Tala de árboles añosos	- Protección y conservación del hábitat
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Murciélago enano	Hábitats fisurícolas. Refugio en grietas y oquedades, árboles, cajas nido, construcciones humanas.	Malos olores, excrementos y ruidos en edificios habitados	- Presa ocasional de ofidios, rapaces - Eliminación directa por molestias en edificios - Pérdida de refugios - Atropellos en carreteras	- Política de convenios entre administraciones y propietarios de edificaciones - Supervisiones de obras de remodelación. - Instalación de refugios artificiales alternativos
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Murciélago de Cabrera	Hábitats fisurícolas. Grietas y oquedades de árboles, rocas, cajas refugio, construcciones urbanas	Malos olores, excrementos y ruidos en edificios habitados	- Presa ocasional de ofidios, rapaces - Eliminación directa por molestias en edificios - Pérdida de refugios - Atropellos en carreteras - Contaminación de aguas - Abuso de insecticidas - Colisión en parques eólicos	
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Murciélago de borde claro	Fisuras y grietas en edificios, rocas y árboles. Cajas nidos		- Alteraciones de los refugios - Desalojo de refugios	- Regulación de insecticidas en los edificios
<i>Pipistrellus maderensis</i>	Murciélago de Madeira	Refugios en palmeras, casas, construcciones abandonadas, grietas	Escasos en viviendas habitadas. Molestias por excrementos y orines	- Taponamiento de refugios - Pluviómetros de áreas forestales - Biocidas en agricultura - Ratas	- Campañas de sensibilización y educación ambiental - Revestir los pluviómetros de mallas metálicas en el interior para permitir la salida de los murciélagos - Instalación de cajas nidos

<i>Pipistrellus nathusii</i>	Murciélago de Nathusius	Zonas forestales y parques. Agujeros o grietas en árboles, cajas artificiales, rendijas de edificaciones o muros		- Falta de bosques maduros que proporcionan refugios - Abuso de insecticidas en áreas forestales y humedales	- Preservación de bosques maduros - Conservación de humedales - Reducción de fungicidas e insecticidas - Implantación de cajas nido
<i>Hypsugo savii</i>	Murciélago montaño	Zonas rocosas y montañosas		- Lechuza común - Colisiones con aerogeneradores - Atropellos	- Estudios de población previa implantación de parques eólicos - Implantación de software ecológico en los parques eólicos
<i>Eptesicus serotinus</i>	Murciélago hortelano	Fisuras en rocas, huecos en árboles. Adaptado posteriormente a construcciones humanas (juntas de dilatación, cajas de persianas...)	Con frecuencia en viviendas habitadas. Pocas veces producen molestias. Principal portador de virus rábico EBL1	- Rapaces: <i>Tyto alba</i> , <i>Strix aluco</i> , <i>Asio otus</i> y <i>Bubo bubo</i> . También <i>Falco peregrinus</i> , <i>Falco tinnunculus</i> y <i>Accipiter nisus</i> - Depredación ocasional por parte de la culebra de herradura (<i>Hemorrhois hippocrepis</i>). - Sellado inadecuado de grietas en edificaciones	- Implantación de resquicios apropiados como alternativas de refugios
<i>Eptesicus isabellinus</i>	Murciélago hortelano pardo				
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Nóctulo grande	Bosques caducifolios Bosques maduros con oquedades		- Búho real, lechuza común y garduña - Poda y tala de árboles viejos - Uso de pesticidas agroforestales	- Protección de árboles viejos - Control de podas
<i>Nyctalus noctula</i>	Nóctulo mediano	Forestal Refugio en huecos de árboles, casas refugio, grietas de muros, edificios y puentes, parques		- Parque eólico - Tala de árboles con la consecuente pérdida de refugios - Relleno de fisura en construcciones	- Colocación de cajas nido - Mantenimiento de arbolado viejo, muerto o con huecos - Protección física y legal de árboles con colonias - Estudios de migración previos a la instalación de parques eólicos e inspecciones posteriores - Uso de ecosoftware o de ultrasonidos para desviar a los murciélagos

<i>Nyctalus leisleri</i>	Nóctulo pequeño	Eminentemente forestal. Bosques añosos. En muchas Comunidades Autónomas usa cajas nidos y edificios	No actividad perjudicial para el hombre. Su dieta incluye plagas forestales	- Empleo de biocidas en bosques - Perturbaciones en las colonias - Degradación y destrucción del hábitat - Reformas y tratamientos químicos en edificaciones	- Conservación de masas forestales antiguas - Protección legal de árboles concretos con colonias y de áreas de caza - Cajas-refugios adecuadas - Subvenciones a los propietarios de edificaciones con colonias - Estudios previos a la instalación de parques eólicos
<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastela	Zonas montañosas. Espacios arbolados. Refugio en árboles, casas, subterráneos	Cambian frecuentemente de refugio. Son colonias pequeñas. No ocasionan molestias	- Descenso de alimento - Remodelación de edificaciones antiguas (menor influencia al cambiar con asiduidad)	- Necesidad de más información sobre la especie
<i>Plecotus auritus</i>	Orejudo dorado	Bosques caducifolios, enclaves montañosos, cavidades, túneles, huecos en árboles, desvanes, edificaciones rurales, cajas nido	Acúmulo de excrementos en desvanes	- Gato doméstico, ocasionalmente lechuza común - Desaparición de bosques añosos - Uso de insecticidas - Tratamiento de maderas en desvanes, sobrados y techumbres - Molestias y actos vandálicos en cuevas	- Protección y conservación de árboles viejos - Evitar uso masivo de insecticidas - Instalación y seguimiento de refugios artificiales
<i>Plecotus austriacus</i>	Orejudo gris	Bosques, áreas semiforestales, paisajes abiertos sin cobertura arbórea. Fisurícola en iglesias, puentes, túneles, cuevas, en edificios cerrados o abandonados	Más ligado al hábitat humano, especie antropófila	- Pérdida de refugios por remodelación o derribo de edificios, reutilización y cierre de minas - Eliminación por parte de los propietarios de edificios - Tala poco cuidadosa, pérdida de árboles añosos - Tratamiento de maderas en desvanes - Uso de biocidas agroforestales	- Medidas para garantizar el mantenimiento y la recuperación de individuos y refugios - Disminuir molestias a colonias y pérdidas de refugios - Subvenciones, convenios, incentivos o medidas compensatorias para proteger las colonias

					- Campañas de educación y sensibilización para contrarrestar la injusta mala imagen de los murciélagos
<i>Plecotus macrobullaris</i>	Orejudo alpino	Montañoso		- Molestias a las colonias y refugios	- Datos insuficientes de la especie
<i>Plecotus teneriffae</i>	Orejudo canario	Masas boscosas. Tubos volcánicos. Cuevas. Galerías de agua, bovedillas y construcciones abandonadas.		- Molestia a refugios - Enrejado vertical de las galerías de agua - Biocidas empleados en cultivos cercanos a masas boscosas - Taponamiento de rendijas en edificaciones	- Adecuar el enrejado en las cuevas - Proteger cavidades con colonias
<i>Miniopterus schreibersii</i>	Murciélago de cueva	Cavernícola, cavidades naturales, minas y túneles. Atípicamente fisuras en rocas, viviendas, puentes		- Lechuza común, lirón careto y ginetas - Pérdida de refugios - Molestias humanas en los periodos de reproducción e hibernación - Cierre mediante rejas - Reclamo turístico de cavidades y complejos mineros - Pérdida de calidad del hábitat	- Protección de los refugios (life-naturaleza, decretos) - Instalación de cerramientos adecuados - Conservación de las zonas de refugios
<i>Tadarida teniotis</i>	Murciélago rabudo	Fisuras y huecos de las rocas, en farallones rocosos y acantilados marinos. Estructuras artificiales como puentes, murallas o edificios apropiados.	Molestias por ruido en edificaciones humanas	- Rapaces y lirón careto - Pérdida de refugios - Restauraciones y sellados de grietas, destrucción y derrumbamiento de construcciones - Disminución de dieta	- Medidas en la restauración de edificios para que sean compatibles con la presencia y mantenimiento de colonias - Comprobar previo cierre de grietas la presencia de colonias

					- Valorar impacto de antenas de telefonía y parques eólicos
--	--	--	--	--	---

ANEXO 3

Especies amenazadas de murciélagos mediterráneos con detalle de endemismo

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA LISTA ROJA	ENDÉMICA
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Nyctalus azoreum</i>	Murciélago de las Azores	EN	Sí
		<i>Pipistrellus maderensis</i>	Murciélago de Madeira	EN	Sí
		<i>Plecotus teneriffae</i>	Murciélago orejudo canario	EN	Sí
		<i>Myotis capaccinii</i>	Murciélago ratonero patudo	VU	No
		<i>Plecotus sardus</i>	Murciélago orejudo sardo	VU	Sí
	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus euryale</i>	Murciélago mediterráneo de herradura	VU	No
		<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Murciélago mediano de herradura	VU	No

EN: en peligro de extinción; VU: vulnerable



Individuo de *Myotis myotis*. Fotografía: *PublicDomainImages en Pixabay*



Los quirópteros constituyen el segundo orden de mamíferos más diverso del planeta y uno de los más amenazados. A pesar de esto, existe gran desconocimiento por parte de la población humana y un gran rechazo a la presencia de estos animales en distintas áreas sin comprender el importante papel ecológico que juegan.

Este trabajo subraya y pone de manifiesto las múltiples amenazas a las que hacen frente los murciélagos en las urbes, las medidas de conservación que se pueden llevar a cabo tanto a nivel de comunidades como a nivel estatal para contribuir a mejorar el estado de sus poblaciones y el complejo entramado de factores que inciden sobre las distintas especies.

Además, se enfatiza la importancia de estudiar y evaluar los murciélagos insectívoros urbanos y periurbanos en cada área o zona específica antes de implementar medidas de conservación. De este modo, se podría reflejar con mayor precisión la realidad de cada población y desarrollar acciones mitigadoras más efectivas y adaptadas a cada situación particular.