



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:

Uso de cajas refugio de murciélagos como nueva estrategia de control
de la procesionaria del pino en Zaragoza

English tittle:

Use of bat boxes as a new control strategy of pine processionary in Zaragoza

Autor/es

Marina Higuera Herrero

Director/es

Juan J. Barriuso Vargas

Sofía Morcelle

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2019

Resumen

La procesionaria del pino es un insecto defoliador ampliamente extendido en zonas mediterráneas. Su abundancia, junto con el desconocimiento de las especies de murciélago que habitan en Zaragoza, es lo que ha motivado la realización de este trabajo. La finalidad de este estudio es analizar en profundidad la efectividad de la instalación de cajas refugio de murciélagos con objeto de incrementar su densidad poblacional y favorecer así el control natural de la procesionaria del pino.

La determinación del vuelo de la procesionaria del pino se ha llevado a cabo mediante la captura de los ejemplares adultos durante el verano de 2018 utilizando trampas G con feromona atrayente. Para el incremento poblacional de los murciélagos se instalaron 35 cajas refugio de murciélagos en mayo de 2018 en 3 parques: Castillo Palomar, José Antonio Labordeta y en las zonas verdes de la Ciudad Universitaria. Posteriormente se añadió el Parque Oliver debido al traslado de 5 cajas desde la Ciudad Universitaria a este parque.

Durante el seguimiento de la ocupación de los refugios, se siguieron diferentes metodologías, incluyendo la inspección directa y el seguimiento al atardecer de las salidas de murciélagos mediante un detector de ultrasonidos y una grabadora para analizar las llamadas de ecolocalización registradas.

Tras finalizar las inspecciones se comprobó que las cajas refugio no habían sido colonizadas. Se recomienda que prosiga el estudio de la colonización de las cajas en los próximos años cuando se espera que estén ocupadas para determinar la efectividad de los murciélagos como controladores de la plaga.

Palabras clave

Quirópteros, *Thaumetopoea pityocampa*, monitorización, control biológico, comportamiento urbano, vuelos nocturnos.

Abstract

Pine processionary is a defoliating insect widely spread in Mediterranean areas. Its abundance, together with the lack of knowledge of the bat species that inhabit Zaragoza, is what motivated this study. The purpose of the study is to analyse in depth the effectiveness of the installation of bat boxes. This study will also encourage bat population trends and thus favour the natural control of the pine processionary.

Adult individuals of pine processionary were surveyed in summer 2018 using G-traps with attractive pheromone. Furthermore, in order to increase bat populations, 35 bat boxes were set in May 2018 in 3 parks: Castillo Palomar, José Antonio Labordeta and in the green areas of the Ciudad Universitaria. Parque Oliver was added later in summer 2019, due to the translocation of 5 boxes from Ciudad Universitaria to this park.

For the inspection of the boxes, the monitoring was carried out at sunset with the use of an ultrasound detector and a recorder to later analyse the echolocation calls.

The surveys undertaken didn't identify any bats emerging from the bat boxes. Therefore, in order to determine the effectiveness of bats as pest controllers, further effort on bat survey monitoring within the bat boxes installed is recommended.

Keywords

Chiroptera, *Thaumetopoea pityocampa*, monitoring, biocontrol, urban behaviour, night flights.

Índice

1.	Introducción	6
a.	Justificación	6
b.	La procesionaria del pino	6
c.	Los murciélagos.....	9
i.	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber, 1774)	14
ii.	<i>Pipistrellus pygmaeus</i> (Leach, 1825)	15
d.	Control de la procesionaria del pino	17
2.	Objetivos	18
3.	Material y métodos	19
a.	Área de estudio	19
i.	Parque Castillo Palomar	20
ii.	Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande)	20
iii.	Ciudad Universitaria (Campus San Francisco - City).....	20
iv.	Parque Oliver.....	21
b.	Distribución	21
c.	Seguimiento de la población de procesionaria del pino	24
d.	Seguimiento de murciélagos	25
i.	Metodología de la inspección de refugio potencial	26
ii.	Metodología de la inspección de salida y entrada.....	26
4.	Resultados y discusión	29
a.	Determinación del vuelo de la procesionaria	29
b.	Determinación de la colonización de los refugios de murciélagos	30
5.	Discusión general	33
6.	Conclusiones.....	39
	Bibliografía	40
	Anexo fotográfico.....	44

Índice de tablas

Tabla 1: Taxonomía de la procesionaria del pino.	6
Tabla 2: Taxonomía murciélagos.....	9
Tabla 3: Especies de murciélagos antropófilos presentes en España y su categoría IUCN.	11
Tabla 4: Especies de murciélagos antropófilos en España y su dieta.	13
Tabla 5: Rutas realizadas para la toma de datos de procesionaria del pino.....	21
Tabla 6: Capturas de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 1.....	29
Tabla 7: Capturas de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 2.....	30

Tabla 8: Número de individuos capturados en las dos rutas por quincenas.	30
Tabla 9: Temperaturas y precipitaciones en Zaragoza durante los meses de seguimiento de la plaga.	31
Tabla 10: Abundancia relativa de individuos por zonas de seguimiento y rondas.	32
Tabla 11: Especie predominante en cada zona de seguimiento.	32

Índice de figuras

Figura 1: Distribución de la procesionaria del pino en el mundo.	6
Figura 2: Macho adulto de procesionaria del pino.	7
Figura 3: Bolsón de seda y larvas de procesionaria del pino.	7
Figura 4: Ciclo biológico de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	8
Figura 5: Ejemplar de <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	9
Figura 6: Hembra de murciélago de borde claro (<i>Pipistrellus kuhlii</i>) y su cría.	10
Figura 7: Murciélagos (<i>Tadarida brasiliensis</i>) en vuelo en Austin (EE. UU.).	10
Figura 8: Megaquiróptero (<i>Acedoron jubatus</i>) en vuelo.	12
Figura 9: Distribución del murciélago enano en la Península Ibérica.	14
Figura 10: Ejemplar de <i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Murciélago común).	15
Figura 11: Distribución del murciélago de Cabrera en la Península Ibérica.	15
Figura 12: Ejemplar joven de <i>Pipistrellus pygmaeus</i> (Murciélago de Cabrera).	16
Figura 13: Caja refugio instalada en el Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande) – Quiosco de la música.	19
Figura 14: Recorrido realizado en la Ruta 1.	22
Figura 15: Recorrido realizado en la Ruta 2.	22
Figura 16: Modelos de las cajas refugio. (Modelo 1: derecha; Modelo 2: izquierda; Modelo 3: segunda izquierda).	23
Figura 17: Componentes de la trampa G.	24
Figura 18: Trabajador de FCC colocando la trampa G para procesionaria del pino.	25
Figura 19: Cámara endoscópica Ridgid micro CA-350 empleada para este tipo de inspección.	26
Figura 20: Detector de ultrasonidos Petterson D 240x y grabadora Olympus Multi-track linear pcm.	27
Figura 21: Ciclo biológico de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> en Aragón.	31
Figura 22: Datos de captura de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 1.	28
Figura 23: Datos de captura de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 2.	29
Figura 24: Murciélagos fotografiados en la zona de seguimiento (Parque Grande - Rincón de Goya).	30
Figura 25: Análisis de las llamadas de ecolocalización con BatSound.	31
Figura 26: Interior de la caja colonizada en el Parque Oliver.	32
Figura 27: Procecionaria del pino en fase larvaria.	33
Figura 28: Trampa G para procesionaria del pino.	34
Figura 29: Caja refugio (modelo 1) instalada en el Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande) – Quiosco de la música.	34
Figura 30: Ejemplar de <i>Pipistrellus</i> spp. volando en la zona de muestreo.	35
Figura 31: Seguimiento de las cajas en la Ciudad Universitaria.	37
Figura 32: Traslocación de las cajas al parque Oliver.	37
Figura 33: Inspección de salida de una caja refugio en el Parque Castillo Palomar.	44
Figura 34: Interior de la trampa G, a la vista feromona atrayente para procesionaria del pino.	45
Figura 35: Control de la trampa G para procesionaria del pino.	46

1. Introducción

a. Justificación

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos del estudio de la presencia y colonización de los refugios de murciélagos en Zaragoza, y su posible efecto como controlador de las poblaciones de procesionaria del pino en la ciudad. Este trabajo fue realizado bajo un convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza para el apoyo científico y aplicado en la protección contra plagas y enfermedades de las especies leñosas de los jardines y viales de la ciudad de Zaragoza.

b. La procesionaria del pino

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) es un lepidóptero de la familia de las Thaumetopoeidae (Tabla 1). Se trata de una plaga típica del Mediterráneo (Figura 1) que puede producir en zonas urbanas la defoliación de diferentes especies de pinos y cedros, estos últimos en menor medida. La procesionaria del pino, además, también puede causar problemas de salud en la población y sobre animales domésticos en su estado larvario por su capacidad urticante (García y Ferragut, 2002).

Tabla 1: Taxonomía de la procesionaria del pino.

Clasificación	
Clase	Insecta
Orden	Lepidóptera
Familia	Thaumetopoeidae
Subfamilia	Thaumetopoeinae
Género	<i>Thaumetopoea</i>
Especie	<i>T. pityocampa</i> Denis & Schiffermüller, 1775

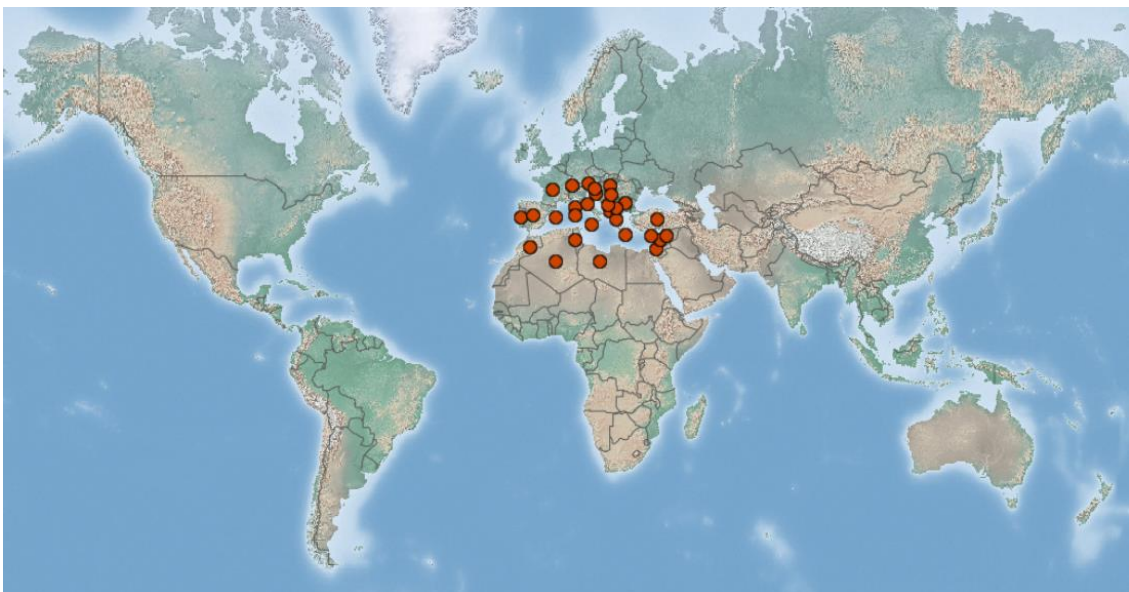


Figura 1: Distribución de la procesionaria del pino en el mundo. Fuente: (CABI, 2019).

La procesionaria del pino entra en su fase de imago a partir de junio en zonas frías y hasta en septiembre en zonas cálidas. En esta fase puede vivir entre uno y cuatro días. Para hallar a las hembras, los machos (Figura 2) se sirven de las feromonas emitidas por aquellas. Una vez fecundadas, las hembras, realizan la puesta de los huevos alrededor de las acículas del pino (Torres Muros, 2015).



Figura 2: Macho adulto de procesionaria del pino. Fuente: (Dr. Amadej Trnkoczy, 2008).

Pasados entre 30 y 40 días de la puesta salen las larvas y comienzan a alimentarse en la misma zona en la que se produjo la puesta. En su estado larvario, la procesionaria del pino pasa por cinco fases, durante la primera (L1) mide unos 3 mm y en su última fase (L5) llega a medir entre los 25 y 40 mm (Torres Muros, 2015).

Las larvas forman un bolsón de seda (Figura 3) en el que permanecen durante el día y durante la noche lo abandonan para buscar alimento, de esta manera se protegen de depredadores durante el día. Cambian su localización en el mismo árbol a lo largo de la temporada en busca de zonas con mayor incidencia del sol (Torres Muros, 2015).



Figura 3: Bolsón de seda y larvas de procesionaria del pino. Fuente: (William M. Ciesla, s.f.).

Una vez la temperatura ambiente alcance alrededor de los 20°C, las orugas descienden de los pinos guiadas por una hembra con el objeto de alcanzar una zona de tierra esponjosa, con baja insolación y con poca cobertura para enterrarse (Pérez y Tierno de Figueroa, 1997; Torres Muros, 2015). Tras enterrarse pueden pasar años en estado de crisálida hasta que en el exterior las condiciones sean las adecuadas y puedan pasar a su estadio adulto (Figura 4) (Pérez y Tierno de Figueroa, 1997).

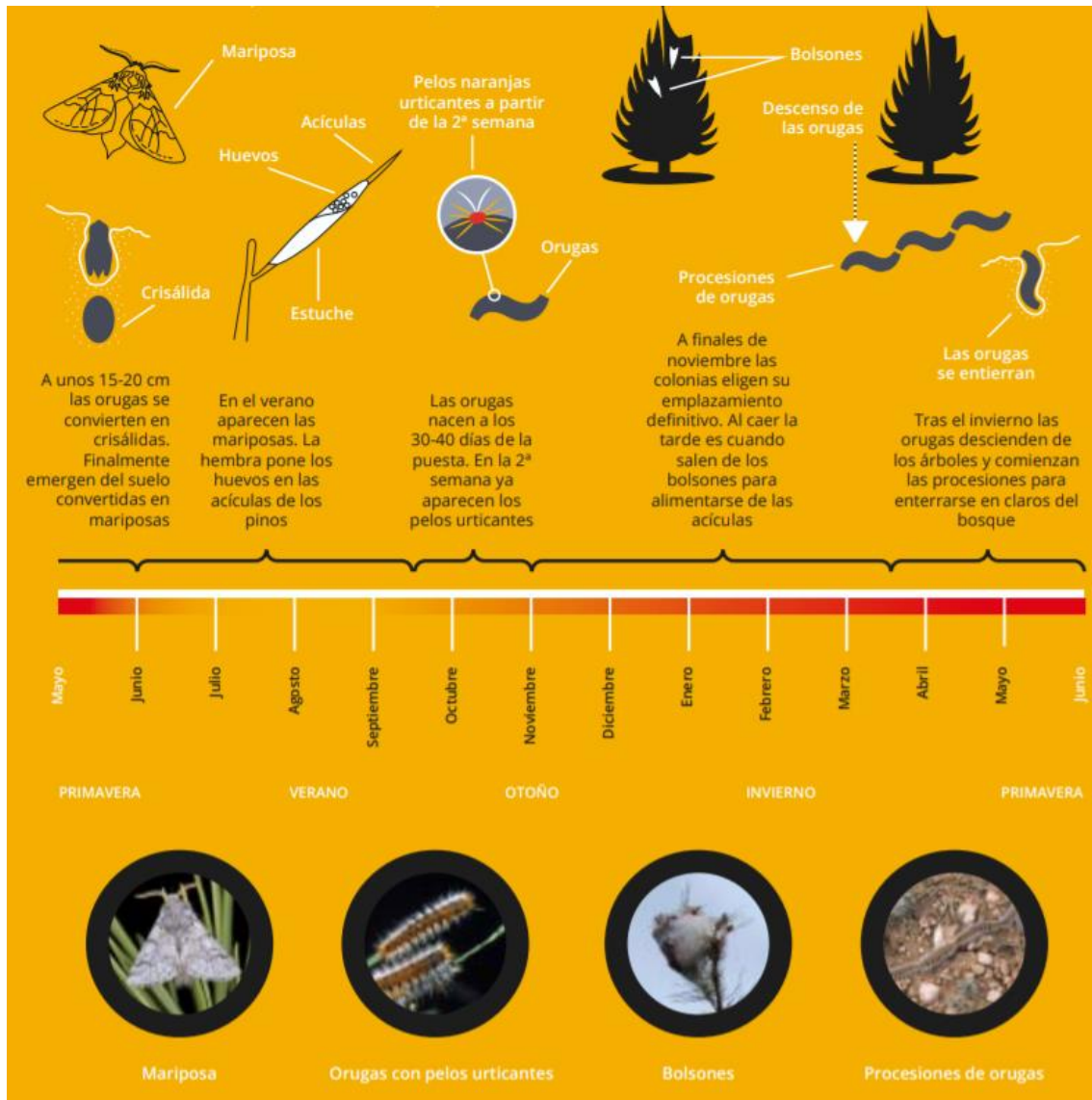


Figura 4: Ciclo biológico de *Thaumetopoea pityocampa*. Fuente: (Gobierno de Aragón, 2019).

Pese a la actividad defoliadora de la procesionaria, los pinos que se ven afectados por esta plaga no suelen ver impedida la brotación de nuevas acículas, pero si pueden ver afectado su crecimiento y son más susceptibles al ataque de otras especies fitófagas (Aldebis et al., 1994).

Algunas especies de pinos son más susceptibles que otras al ataque de la procesionaria, según esta susceptibilidad se pueden clasificar como más sensibles *Pinus nigra* (pino salgareño), *P. canariensis* (pino canario) y *P. sylvestris*, (pino silvestre), y como menos *P. pinaster* (pino rodeno), *P. halepensis* (pino carrasco) y *P. pinea* (pino piñonero) (MAPAMA, 1981).

La determinación de la curva de vuelo de la procesionaria del pino permite conocer los momentos de máxima presencia de la especie. Para obtener la curva de vuelo es necesario realizar la captura de machos adultos a lo largo de la fase reproductora para la especie, en el caso de Zaragoza, este periodo coincide con el verano.

c. Los murciélagos

En la Península Ibérica, los murciélagos (Orden Chiroptera), son el taxón dentro de los mamíferos con mayor número de especies (25) (Tabla 2) (Ibañes y Aguirre-Mendi, 1992).

Tabla 2: Taxonomía murciélagos.

Clasificación	
Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Clado	Scrotifera
Orden	Chiroptera Blumenbach, 1779

Los murciélagos son los únicos mamíferos con capacidad de volar y los que tienen mayor diversidad en su dieta. Se pueden encontrar especies insectívoras, que se alimentan de insectos, frugívoras, que comen frutas, y carnívoras, entre estas se encuentran los conocidos “vampiros”, murciélagos que consumen sangre de otros animales (EEA, 2013).



Figura 5: Ejemplar de *Pipistrellus pipistrellus*. Fuente: (Dorothee Rund, 2014).

Son animales muy longevos si se tiene en cuenta su tamaño, por ejemplo, el murciélago enano (*Pipistrellus pipistrellus*) (Figura 5) de aproximadamente 3-4 cm de tamaño tiene una esperanza de vida de unos 4-5 años, y se ha llegado a registrar un individuo que ha superado los 16 años de vida (Guardiola y Fernández, 2007a). Algunos de los posibles motivos para esta longevidad son el bajo costo reproductor, la restricción calórica de la hibernación y el reducido número de muertes por depredadores (García et al., 2013).

Estos mamíferos toman parte en gran número de procesos ecológicos de gran importancia, como lo son la dispersión de semillas, la polinización o el control de algunas poblaciones de insectos (Estrella et al., 2014). Por otro lado, se consideran también un buen indicador ecológico debido a los grandes cambios en el uso del hábitat que realizan en función de los niveles de alteración que se produzcan sobre el mismo (Haupt et al., 2006).

Las hembras, por lo general, tienen una cría cada año (Figura 6), lo que, unido a su baja tasa de crecimiento, puede afectar a la velocidad a la que la población responde y se recupera de efectos del medio y presiones humanas (EEA, 2013).



Figura 6: Hembra de murciélago de borde claro (*Pipistrellus kuhlii*) y su cría. Fuente: (Leonardo Ancillotto, 2011).

En zonas urbanas pueden encontrarse distintos tipos de murciélagos, en parte, esto se debe a que la pérdida de refugios forestales ha llevado a algunas especies a la búsqueda de cobijo en espacios antropizados (EEA, 2013). Aquellas especies que han pasado de un área de distribución natural a otra de naturaleza antrópica, se les denomina antropófilos (Figura 7) (Junta de Castilla y León, 2003).

Se entiende que las zonas urbanas son ambientes hostiles para los murciélagos y que por ello cuando poseen una distribución urbana suelen tener una mayor capacidad para obtener y aprovechar alimento, agua y refugio. También se encuentra cierta similitud entre los refugios naturales y los que pueden encontrar en las ciudades para algunas especies antropófilas (Ubirajara et al., 2014).



Figura 7: Murciélagos (*Tadarida brasiliensis*) en vuelo en Austin (EE. UU.). Fuente: (Miz Bee, 2006).

En la Tabla 3 se describen las especies de murciélagos que suelen refugiarse en edificaciones y otras zonas antropizadas, y que por ello pueden ser encontrados durante la realización de este trabajo en Zaragoza, también se muestra su estado de conservación a nivel global, europeo y mediterráneo.

Tabla 3: Especies de murciélagos antropófilos presentes en España y su categoría IUCN. Fuente: (Junta de Castilla y León, 2003; IUCN, 2018).

Especie	Categoría IUCN	Especie	Categoría IUCN
<i>Barbastella barbastellus</i> Murciélago de bosque	Global: Casi amenazado	<i>Nyctalus noctula</i> Nóctulo común	Global: Preocupación menor
	Europea: Vulnerable		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Casi amenazado		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Eptesicus serotinus</i> <i>Murciélago hortelano</i>	Global: Preocupación menor	<i>Pipistrellus kuhlii</i> Murciélago de borde claro	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Hypsugo savii</i> Murciélago montañero	Global: Preocupación menor	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> Murciélago común	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Myotis blythii</i> Murciélago ratonero mediano	Global: Preocupación menor	<i>Pipistrellus pygmaeus</i> Murciélago de Cabrera	Global: Preocupación menor
	Europea: Casi amenazado		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Casi amenazado		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Myotis daubentonii</i> Murciélgalo ribereño	Global: Preocupación menor	<i>Plecotus auritus</i> Murciélago orejudo dorado	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Myotis emarginatus</i> Murciélago ratonero pardo	Global: Preocupación menor	<i>Plecotus austriacus</i> Murciélago orejudo gris	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Preocupación menor
<i>Myotis myotis</i> Murciélago ratonero grande	Global: Preocupación menor	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> Murciélago grande de herradura	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Casi amenazado
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Casi amenazado
<i>Myotis nattereri</i> Murciélago ratonero gris	Global: Preocupación menor	<i>Rhinolophus hipposideros</i> Murciélago pequeño de herradura	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Casi amenazado
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Casi amenazado
<i>Nyctalus leisleri</i> Nóctulo pequeño	Global: Preocupación menor	<i>Tadarida teniotis</i> Murciélago rabudo	Global: Preocupación menor
	Europea: Preocupación menor		Europea: Preocupación menor
	Mediterránea: Preocupación menor		Mediterránea: Preocupación menor

En zonas donde escasean los refugios naturales para murciélagos se puede favorecer su instalación mediante la colocación de refugios artificiales, especialmente cuando se produce la dispersión juvenil (Fernández, 2003).

En cuanto a la ocupación anual de los refugios por parte de los murciélagos ibéricos se produce de manera aproximada de acuerdo con el siguiente ciclo (Benzal y Paz, 1991; Fernández, 2003):

- Entre mediados de noviembre y finales de marzo son ocupados los refugios de invierno, donde pasan la temporada en estado de letargo.
- Entre finales de marzo y mitad de mayo son ocupados los refugios intermedios.
- De mediados de mayo a mediados de septiembre se produce la ocupación de los refugios de parto y de cría, en los que gestan, paren y cuidan de sus crías.
- Entre mitad de septiembre y final de octubre se ocupan los refugios de cópula.
- De finales de octubre a mediados de noviembre son ocupados los refugios intermedios.

Otro tipo de refugios que pueden utilizar son los anuales, que son ocupados durante todo el ciclo biológico, y los ocasionales, que se ocupan esporádicamente en la fase de búsqueda de alimento o si se producen bruscos cambios meteorológicos (Benzal y Paz, 1991).

Se pueden clasificar en dos grandes grupos, los microquirópteros, que pueden encontrarse en Europa, y los megaquirópteros (Figura 8), de mayor tamaño y de dieta generalmente vegetariana (Woutersen y Bafaluy, 2001).



Figura 8: Megaquiróptero (*Acedoron jubatus*) en vuelo. Fuente: (Dunstan photography, 2014).

Por lo general los murciélagos antropófilos suelen tener una dieta insectívora, la iluminación en las ciudades favorece la captura de alimento por su factor atrayente para los insectos (Ubirajara et al., 2014).

La dieta de los murciélagos antropófilos mencionados anteriormente se recoge en la Tabla 4. Se trata de una caracterización en base a las principales ordenes de insectos que depredan.

Tabla 4: Especies de murciélagos antropófilos en España y su dieta. Fuente: (Vaughan, 1997; Goiti, et al., 2003; Beck, 1995; Arlettaz, 1996; Rydell y Arlettaz, 1994).

Especie	Dieta	Especie	Dieta
<i>Barbastella barbastellus</i> Murciélago de bosque	Lepidópteros	<i>Nyctalus noctula</i> Nóctulo común	Dípteros, principalmente, y coleópteros y lepidópteros
<i>Eptesicus serotinus</i> Murciélago hortelano	Coleópteros, principalmente, y lepidópteros y dípteros	<i>Pipistrellus kuhlii</i> Murciélago de borde claro	Dípteros y lepidópteros
<i>Hypsugo savii</i> Murciélago montañero	Lepidópteros	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> Murciélago común	Dípteros
<i>Myotis blythii</i> Murciélago ratonero mediano	Coleópteros	<i>Pipistrellus pygmaeus</i> Murciélago de Cabrera	Dípteros
<i>Myotis daubentonii</i> Murciélago ribereño	Dípteros acuáticos	<i>Plecotus auritus</i> Murciélago orejudo dorado	Lepidópteros
<i>Myotis emarginatus</i> Murciélago ratonero pardo	Dípteros	<i>Plecotus austriacus</i> Murciélago orejudo gris	Lepidópteros
<i>Myotis myotis</i> Murciélago ratonero grande	Coleópteros	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> Murciélago grande de herradura	Lepidópteros y coleópteros
<i>Myotis nattereri</i> Murciélago ratonero gris	Dípteros diurnos	<i>Rhinolophus hipposideros</i> Murciélago pequeño de herradura	Dípteros
<i>Nyctalus leisleri</i> Nóctulo pequeño	Dípteros	<i>Tadarida teniotis</i> Murciélago rabudo	Lepidópteros y neurópteros

De las especies de la Tabla 4 resultan de especial interés aquellas que incluyan lepidópteros en su dieta porque la procesionaria del pino se encuentra dentro de ese orden. Las especies que suelen incorporar lepidópteros en su dieta son: *B. barbastellus*, *E. serotinus*, *H. savii*, *N. noctula*, *P. kuhlii*, *P. auritus*, *P. austriacus*, *R. ferrumequinum* y *T. teniotis*.

Para orientarse los murciélagos se sirven de la ecolocalización, emiten sonidos a alta frecuencia dentro de un rango entre los 13 kHz de *Tadarida teniotis* y más de los 100 kHz de los *Rhinolophus*. La diferencia de emisión entre especies les permite convivir en el mismo espacio. Además, dentro de una misma especie, según la actividad que estén llevando a cabo emiten a frecuencias

y con patrones distintos (Woutersen y Bafaluy, 2001). A la hora de realizar el seguimiento de la actividad en las cajas instaladas, estas diferencias en las frecuencias de emisión entre especies facilitan la identificación de las especies presentes en las zonas de muestreo.

A continuación, se van a describir dos tipos de murciélago, el murciélago común (*Pipistrellus pipistrellus*) y el murciélago enano (*P. pygmaeus*), estos son los murciélagos más habituales en zonas urbanas en España y las dos especies que han sido detectadas durante el estudio.

i. *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)

El murciélago enano o murciélago común (*P. pipistrellus*) es una especie abundante en España (Figura 9), salvo en las islas Canarias, y de amplia distribución (Europa, Norte de África, Península Arábiga y subcontinente indio) (Guardiola y Fernández, 2007a).

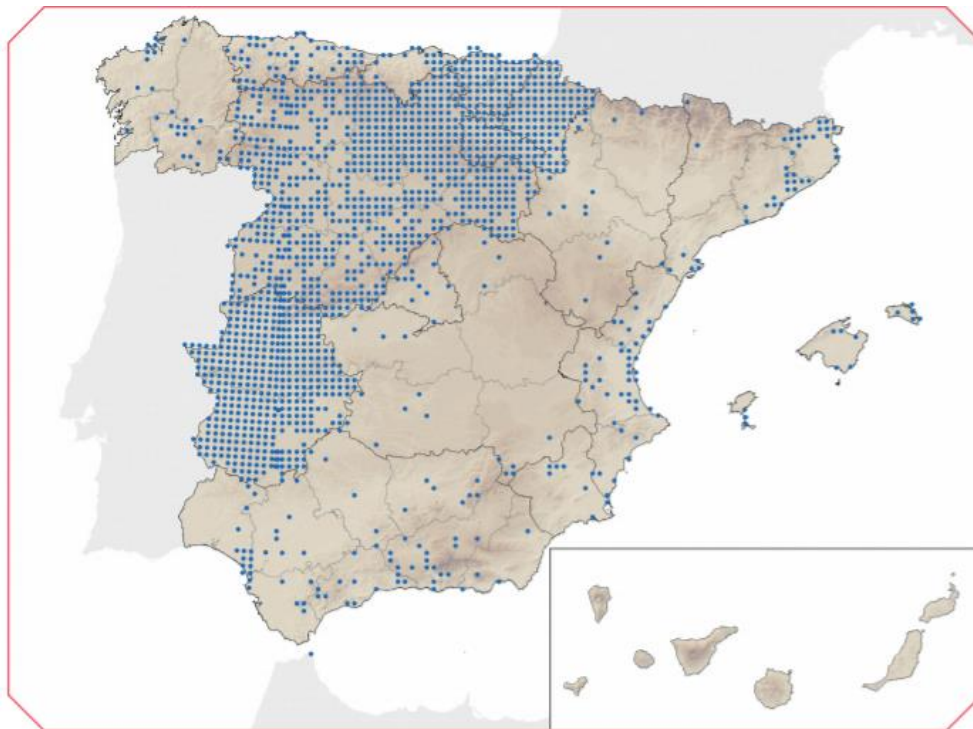


Figura 9: Distribución del murciélago enano en la Península Ibérica. Fuente: (Guardiola y Fernández, 2007a).

Se trata de uno de los murciélagos más pequeños que pueden encontrarse en Europa (Figura 10), mide unos 28-35 milímetros. Es este factor el que, junto con su dentición, lo que lo distingue en una identificación visual de otras especies del mismo género (Guardiola y Fernández, 2007a).

Es muy diverso en sus refugios: grietas, huecos en los árboles, edificaciones, cajas refugio, sus hábitos son fisurícolas. A diferencia de otras especies, caza incluso en zonas altamente urbanas aprovechando la iluminación de las ciudades. Su dieta está principalmente compuesta por insectos de diferentes ordenes: dípteros, nematóceros, tricópteros, efemerópteros y neurópteros (Guardiola y Fernández, 2007a).

Generalmente emiten ultrasonidos entre los 42 y los 51 kHz en pulsos de frecuencia modulada de banda ancha con una cola final de frecuencia casi constante (Guardiola y Fernández, 2007a).

Su edad media es de entre 4 y 5 años, los machos adultos son solitarios durante prácticamente todo el año, y las hembras son más gregarias durante la época reproductora que durante la más fría. Las condiciones ambientales y la disponibilidad trófica tienen un gran impacto sobre la gestación, que puede durar 40-50 días aproximadamente (Guardiola y Fernández, 2007a).



Figura 10: Ejemplar de *Pipistrellus pipistrellus* (Murciélago común). Fuente: (Leonardo Ancillotto, 2010a).

ii. *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825)

El murciélago de Cabrera (*P. pygmaeus*) se separó como especie del murciélago enano (*P. pipistrellus*) a finales del siglo XX. Es una especie abundante en la Península Ibérica (Figura 11), está presente en buena parte de Europa, y se desconocen los límites orientales de su área de distribución (Guardiola y Fernández, 2007b).

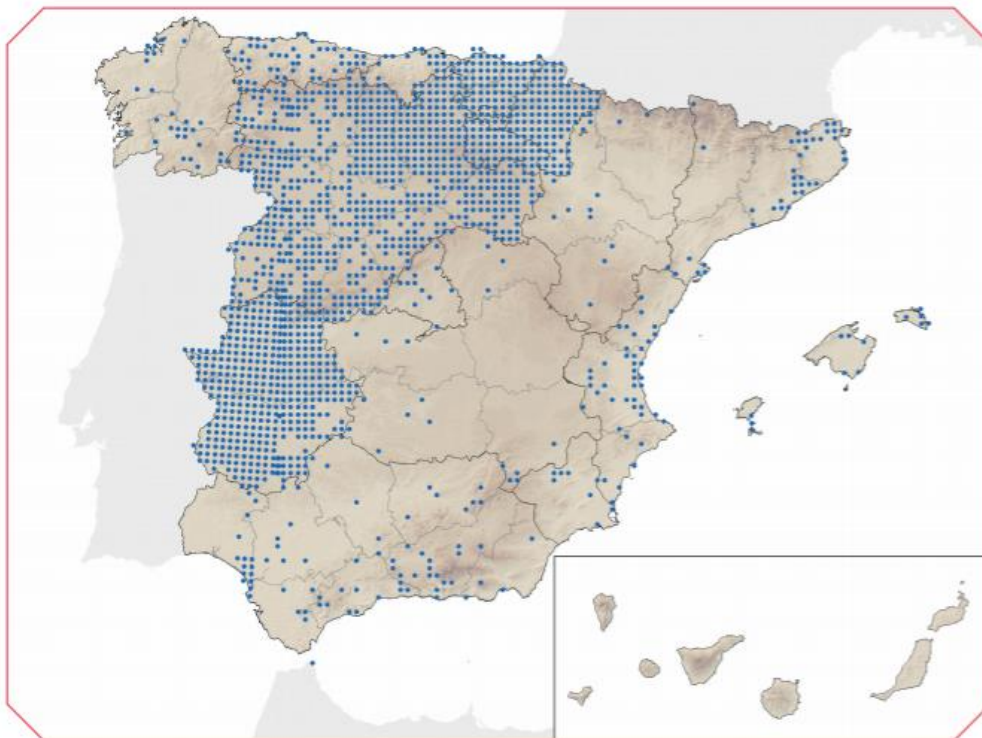


Figura 11: Distribución del murciélago de Cabrera en la Península Ibérica. Fuente: (Guardiola y Fernández, 2007b).

Es el quiróptero más pequeño que puede encontrarse en Europa (Figura 12), alcanza los 28-33 milímetros y puede pesar entre 4 y 8 gramos. Al igual que el murciélago enano, son su tamaño y su dentadura lo que le distingue de otras especies del mismo género (Guardiola y Fernández, 2007b).



Figura 12: Ejemplar joven de *Pipistrellus pygmaeus* (Murciélago de Cabrera). Fuente: (Leonardo Ancillotto, 2009).

Tiene preferencia por el mismo tipo de hábitats que el murciélago enano: grietas, huecos en los árboles, cajas refugio, edificaciones (especialmente las partes de los edificios donde se alcanza mayor temperatura). Alcanza casi el 96% en las tasas de ocupación en las cajas refugio instaladas del Delta del Ebro. Es más selectivo en cuanto a las zonas de caza que el murciélago enano, prefiere zonas húmedas con vegetación de ribera, parques o bosques caducifolios, pero prefiere no cazar en zonas abiertas. Su dieta está compuesta principalmente por dípteros, tricópteros, himenópteros y coleópteros. Tiene la mandíbula menos desarrollada que el murciélago enano por lo que se alimenta de presas más pequeñas (Guardiola y Fernández, 2007b).

Generalmente emiten ultrasonidos entre los 52 y los 56 kHz en pulsos de frecuencia modulada de banda ancha con una cola final de frecuencia casi constante (Guardiola y Fernández, 2007b).

Sus hábitos reproductores son similares a los del murciélago enano, aunque las colonias de cría son más numerosas y estables que las de este (Guardiola y Fernández, 2007b).

d. Control de la procesionaria del pino

Algunos de los mecanismos vigentes al comienzo de este trabajo para controlar las poblaciones de procesionaria del pino en medios urbanos son los siguientes (actualmente no está permitido el uso de plaguicidas):

- Tratamientos químicos (MAGRAMA, 2019):
 - Alfa cipermetrin 10% [EC] P/V
 - Azadiractin 1% (como Azadiractin A) [EC] PV
 - Azadiractin 2,6% (como Azadiractin A) [EC] PV
 - *Bacillus turingiensis Aizawai* 50% [WG] P/P
 - *Bacillus turingiensis Kurstak* (Cepa EG 2348) 22,6% (24 x 10⁶ UI/g) [SC] P/V
 - *Bacillus turingiensis Kurstak* (Cepa EG 2348) 18,3% (24 x 10⁶ UI/g) [SC] P/V
 - *Bacillus turingiensis Kurstak* 9,74% (16 x 10⁶ UI/g) [SC] P/V
 - Cipermetrin 0,35% [UL] P/V
 - Deltametrin 10% [EC] P/V
 - Deltametrin 2,5% [EC] P/V
 - Lambda cihalotrin 5% [EG] P/P
 - Tebufenocida 24,7% [SC] P/V
- Métodos físicos: trampas de tipo collar, trampas adhesivas.
- Métodos mecánicos: recolección de bolsones y su posterior quema.
- Organismos depredadores: que pueden ser depredadores (aves, mamíferos insectívoros), patógenos y parasitoides, estos organismos pueden afectar a distintas fases del ciclo de vida de la procesionaria del pino.
- Endoterapia vegetal (trunk injection o tree injections).

Entre los depredadores de la fase reproductiva de la procesionaria del pino se pueden identificar algunas especies de murciélagos. Es por ello que se ha optado por evaluar la efectividad de este depredador natural como regulador de la plaga. En trabajos previos en los que se ha estudiado el efecto controlador de los murciélagos sobre la población de la procesionaria del pino, se ha detectado en zonas en las que se ha aplicado hormona atrayente para *T. pityocampa*, un aumento en la actividad de especies de murciélagos de mayor tamaño, como *E. serotinus*, *N. leisleri* y *P. kuhlii*, y un descenso en la fertilidad de *T. pityocampa* (Charbonnier, et al., 2014).

2. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es estudiar la efectividad de la instalación de cajas refugio de murciélagos para incrementar su densidad y favorecer así el control biológico de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*). Para alcanzar este objetivo general se han de lograr los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el vuelo de la procesionaria del pino en Zaragoza.
- Identificar en lo posible las especies de murciélagos residentes en los parques de Zaragoza.
- Obtener, si es posible, los índices de colonización de las cajas refugio de murciélagos instaladas en Zaragoza.
- Comparar los resultados obtenidos del vuelo de la procesionaria del pino en zonas colonizadas por murciélago y en zonas no colonizadas.

3. Material y métodos

a. Área de estudio

Este trabajo se ha desarrollado entre el verano de 2018 y el de 2019 en la ciudad de Zaragoza (Aragón). Zaragoza cuenta con una población de 666.880 habitantes a fecha de 1 de enero de 2018 (INE, 2019). Se sitúa a una altitud media de 243 m.s.n.m., en el cauce medio del río Ebro y supone un centro de conexiones entre las ciudades de Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia, lo que ha sido determinante para el crecimiento de la ciudad, tanto a nivel demográfico, como industrial y económico (De Miguel, 2015).

El clima en esta ciudad es mediterráneo con influencia continental, sus principales características son una temperatura media de alrededor de 15°C y escasas precipitaciones, aproximadamente 320 mm anuales. Entre los meses de verano y los meses invierno hay una marcada diferencia de temperatura oscilando, de media, entre los 6°C y los 25°C. Aunque en ocasiones se dan temperaturas extremas llegando a los 35-40°C en julio y agosto, y en invierno se producen heladas y temperaturas cercanas a los 0°C (Cuadrat, et al., 2014).

Zaragoza también se caracteriza por el viento que puede superar en ocasiones los 100 km/h, se divide en dos componentes, una de Noroeste, cierzo, y otra de Sureste, bochorno. Cuando el cierzo ejerce sus efectos aumenta la sensación de frío en invierno y disminuye la sensación de calor en verano, cuando lo hace el bochorno se produce lo contrario, desciende la humedad, que durante el invierno reduce la sensación de frío y durante el verano aumenta la sensación de calor y de resaca (Cuadrat, et al., 2014).

Para la realización del seguimiento de las especies de murciélago se escogieron tres zonas en Zaragoza para colocar las cajas refugio (Figura 13), los requisitos para seleccionar estas zonas fueron los siguientes:

- Encontrarse en una zona de pinos afectada por la procesionaria.
- Encontrarse en la cercanía de una zona con agua.
- Encontrarse en una zona accesible para el posterior seguimiento de su colonización.



Figura 13: Caja refugio instalada en el Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande) – Quiosco de la música.

Las zonas seleccionadas para la instalación de las cajas refugio fueron: el Parque Castillo Palomar, el Parque José Antonio Labordeta y la Ciudad Universitaria. Posteriormente se incorporó el Parque Oliver a la selección de zonas para situar las cajas refugio.

i. Parque Castillo Palomar

Este parque se sitúa entre los barrios zaragozanos de Delicias y Monsalud, frente a la estación intermodal Zaragoza-Delicias y está delimitado por la avenida Navarra, la calle Rioja, la calle Alfonso Carlos Comín Ros y la calle Ramiro I de Aragón.

Cuenta con una superficie de aproximadamente 5'5 hectáreas, dentro de las cuales hay numerosas zonas verdes, además del colegio público Ana Mayayo y varias zonas deportivas y de recreo infantiles.

En cuanto a las especies botánicas, principalmente se tratan de pinos (*Pinus halepensis*, *P. pinea*), aunque también están presentes otras como olivos (*Olea europaea*) y cipreses (*Cupressus sempervirens*).

ii. Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande)

El parque José Antonio Labordeta se sitúa en el distrito universitario de Zaragoza, está delimitado por el paseo Mariano Renovales, el paseo Colón, la ronda Hispanidad y el río Huerva.

Cuenta con casi 30 hectáreas de superficie sin contar con los Pinares de Venecia que lo suceden hasta los barrios de Torreo y Venecia a lo largo del canal Imperial de Aragón.

Es el parque más emblemático de la ciudad y en su interior hay numerosas avenidas pavimentadas, fuentes, zonas ajardinadas, museos, el jardín botánico de Zaragoza, los viveros municipales, etc.

En este parque se pueden encontrar en abundancia especies como el pino (*Pinus halepensis*, *P. pinea*, *P. canariensis*), el plátano de sombra (*Platanus x hispanica*), cipreses (*Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *C. macrocarpa*, *C. lusitanica*), chopos (*Populus nigra*) y álamos (*Populus alba*), además de muchas otras especies presentes en menor número.

iii. Ciudad Universitaria (Campus San Francisco - City)

La Ciudad Universitaria da nombre al distrito universitario de Zaragoza, junto a la plaza San Francisco y está delimitada por la calle Pedro Cerbuna, la calle Domingo Miral, la calle de San Juan Bosco y por la calle Menéndez Pelayo.

La Ciudad Universitaria alberga en su interior el edificio Interfacultades, la escuela universitaria de Ciencias de la Salud, la facultad de Ciencias Sociales y del Trabajo, la facultad de Educación, la facultad de Medicina, la facultad de Ciencias, la facultad de Derecho, la facultad de Filosofía y Letras, además de dos colegios mayores. Posee también algunas zonas ajardinadas, un parque para perros y una zona de recreo alrededor de una gran fuente.

Las especies presentes en la ciudad universitaria son principalmente pinos (*Pinus halepensis*, *P. pinea*), cipreses (*Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *C. macrocarpa*, *C. lusitanica*), nogales (*Juglans regia*, *J. nigra*), olmos (*Ulmus minor*, *U. glabra*, *U. pumila*), plataneros (*Platanus x hispanica*) y otras especies ornamentales.

iv. Parque Oliver

El parque Oliver se encuentra en el barrio Oliver, en el suroeste de Zaragoza y está delimitado por la calle Doctor Valdés Guzmán, la calle Lago de Millares y la Ronda Oliver. Fue inaugurado en otoño de 1993 tras muchas movilizaciones por parte de los vecinos del barrio, es un parque muy querido y cuidado por los ciudadanos en el que incluso se hacen visitas guiadas.

Cuenta con poco más de 13 hectáreas, es el tercer parque más grande en extensión de Zaragoza. En su interior cuenta con varias zonas verdes diferenciadas, conserva la antigua acequia de riego que proporcionaba agua a los campos de la zona y, además, del Club Municipal de Fútbol Parque Oliver y el Centro Deportivo Municipal Oliver.

En este parque se pueden encontrar tilos (*Tilia platyphyllos*), pinos (*Pinus halepensis*, *P. pinea*), sauces (*Salix babylonica*), álamos (*Populus alba*), fresnos (*Fraxinus excelsior*), plátanos de sombra (*Platanus x hispanica*), cipreses (*Cupressus sempervirens*) junto con otras especies arbustivas.

b. Distribución

Para la realización del trabajo también se llevó a cabo el seguimiento de la mariposa de la procesionaria del pino y de las especies de murciélago localizadas en Zaragoza.

Se decidió dividir el seguimiento de la procesionaria del pino en la ciudad en dos rutas por el elevado número de puntos de muestreo establecidos. Las rutas se realizaron en una furgoneta con plataforma elevadora, esto permitió llegar a los puntos de muestro y revisar las trampas de feromonas.

En los puntos de muestro del recorrido de la Ruta 1 se instalaron cajas refugio para murciélagos, a diferencia de los puntos de muestro de la Ruta 2, en los que no fueron instaladas. Esto permite realizar una comparación entre la abundancia de procesionaria del pino en zonas urbanas con presencia de murciélagos y zonas urbanas en las que no están presentes. En la Tabla 5 se indica la localización de las trampas de la mariposa de la procesionaria del pino.

Tabla 5: Rutas realizadas para la toma de datos de procesionaria del pino.

Ruta 1	Ruta 2
Parque Grande – Estación del tren	Av. San Juan de la Peña, nº90
Parque Grande – Cabezo	C/ Valle de Gistaín
Parque Grande – Quiosco de la música	C/ Monte Perdido, nº9-11
Parque Grande – Rincón de Goya	C/ Antonio Tramullas
Ciudad Universitaria – Servicio de Publicaciones	Av. Salvador Allende/Amylum
Ciudad Universitaria – Matemáticas	C/ Matías Pastor Sancho, nº2
Ciudad Universitaria – Pedro Cerbuna	C/ Federico Engels
Castillo Palomar – Arriba	C/Acalde Caballero, nº23
Castillo Palomar – C.E.I.P. Ana Mayayo	Av. San Gregorio, nº41
Castillo Palomar – C/ Celso Emilio Ferreiro	C/ Jesús y María, nº39
Almozara – Av. de la ciudad de Soria	Camino Cementerio, 1, 50110, Zaragoza
La Aljafería – Andador Al-muqtadir (inicio)	Av. Montañana, 411, Parque de los donantes
La Aljafería – Andador Al-muqtadir (final)	C.E.I.P. Hermanos Argensola, Montañana

En las Figuras 14 y 15 se muestran los recorridos que se siguieron en Zaragoza para revisar los puntos de muestreo de la procesionaria del pino en las Rutas 1 y 2 respectivamente.



Figura 14: Recorrido realizado en la Ruta 1. Fuente: (Google Maps, 2018).



Figura 15: Recorrido realizado en la Ruta 2. Fuente: (Google Maps, 2018).

El recorrido de la Ruta 1 corresponde a parques urbanos de Zaragoza con cajas refugio para murciélagos instaladas y el recorrido de la Ruta 2 corresponde a otros puntos de la ciudad en los que no han sido instalados, además en la Ruta 2 también se incluye el barrio rural de Montañana y el de San Gregorio.

Para el seguimiento del murciélago se colocaron 35 cajas refugio de madera con la finalidad de que fuesen colonizadas por estos mamíferos. Como ya se ha mencionado anteriormente, las zonas seleccionadas para la instalación de las cajas refugio han sido: el Parque Castillo Palomar, el Parque José Antonio Labordeta y la Ciudad Universitaria.

De las 35 cajas, 15 se instalaron en el Parque José Antonio Labordeta, 10 en la ciudad universitaria (Campus Plaza San Francisco) y 10 en el parque Castillo Palomar. Posteriormente, 5 de las cajas colocadas en la ciudad universitaria fueron trasladadas al Parque Oliver.

Se colocaron las cajas refugio en grupos de 5 para así favorecer la formación de colonias una vez empezasen a ser ocupadas, además también se situaron en la proximidad a los puntos de muestreo de la procesionaria del pino de la Ruta 1. Por ello en el Parque José Antonio Labordeta se colocaron en tres puntos: Rincón de Goya, Cabezo y Quiosco de la música; en el Parque Castillo Palomar en dos puntos: en la zona junto al recreo del colegio (Arriba) y en la zona junto al parque infantil (Abajo); y en la Ciudad Universitaria en dos puntos: en la zona junto al parque para perros y en la cercanía de la fuente.

Las cajas refugio se situaron en los troncos de los árboles a una altura superior a los 3 metros con una orientación noroeste y se fijaron con una cincha alrededor del tronco y un clavo. Son cajas de contrachapado fenólico de pino de una sola cavidad con apertura en la parte de abajo, de cinco modelos diferentes (Figura 16):

- Modelo 1: de mayor tamaño y poca profundidad, con fondo plano y acceso en la parte baja de la caja.
- Modelo 2: de mayor tamaño y poca profundidad, con fondo plano y acceso en la parte baja de la caja. Con bisagras que permiten la total apertura de la caja para ver el interior.
- Modelo 3: de mayor tamaño y poca profundidad, con fondo plano y acceso en la parte baja de la caja. Con una repisa en el interior que simula las oquedades que se pueden encontrar en un árbol.
- Modelo 4: de menor tamaño y gran profundidad, con fondo plano y acceso en la parte frontal de la caja. Con bisagras que permiten la total apertura de la caja para ver el interior. Con paneles interiores que simulan grietas para favorecer la colonización por especies fisurícolas.
- Modelo 5: de menor tamaño y gran profundidad, con fondo en pendiente para evitar la acumulación de las heces y acceso en la parte frontal de la caja. Con bisagras que permiten la total apertura de la caja para ver el interior. Con paneles interiores que simulan grietas para favorecer la colonización por especies fisurícolas.



Figura 16: Modelos de las cajas refugio. (Modelo 1: derecha; Modelo 2: izquierda; Modelo 3: segunda izquierda).

Se instalaron estos diferentes modelos con la intención de que, una vez fuesen colonizados, determinar cuál de ellos era más efectivo en el ambiente urbano en el que se ha trabajado.

c. Seguimiento de la población de procesionaria del pino

Durante los meses de verano de 2018 se realizó la estimación del vuelo de la procesionaria del pino en diferentes puntos de la ciudad de Zaragoza. Para ello se crearon dos rutas que se siguieron de manera alternativa semanalmente entre julio y septiembre, ambos incluidos. Los puntos de control de las rutas mencionadas aparecen detallados en la Tabla 5 (apartado anterior).

La captura de los ejemplares se realizó mediante una trampa G para procesionaria del pino de la empresa Open Natur, acompañada de la feromona específica de esta especie (pityolure). Este tipo de trampa atrae únicamente a los machos de la mariposa, ya que son las hembras las que emplean esta feromona para atraer a los machos. Las trampas G pueden emplearse tanto para la captura masiva, como para el muestreo.

La trampa G está compuesta por los siguientes elementos (Figura 17):

- Cuerpo de plástico marrón opaco con embudos de entrada.
- Asas de alambre para colgar la trampa del árbol.
- Bolsa de plástico, transparente en la parte superior y opaco en la parte inferior.
- Abrazadera para asir la bolsa al cuerpo de la trampa.
- Tapón que se coloca en la parte superior del cuerpo y del que se cuelga el difusor de la feromona.



Figura 17: Componentes de la trampa G. Fuente: (ECONEX, 2018).

En cada punto de las rutas se accedió a las trampas mediante una plataforma elevadora controlada por trabajadores de la empresa FCC (Fomento de Construcciones y Contratas) (Figura 18), se vació la bolsa de la trampa en una zona controlada para evitar que los individuos vivos

escapasen, se realizó el conteo de los ejemplares capturados y se depositó la trampa de nuevo en su localización previa.



Figura 18: Trabajador de FCC colocando la trampa G para procesionaria del pino.

La hora de inicio de las rutas era en torno a las 8:00 y su hora de finalización era en torno a las 13:00, por lo que la realización del recorrido y el seguimiento de las trampas tomaban aproximadamente cinco horas.

Tras la recolección de los datos tomados durante el verano de 2018 se estimó el vuelo de la procesionaria del pino y para el mismo se concretó el período del verano en el que más mariposas de la procesionaria del pino aparecen en Zaragoza.

En algunos de los puntos de control de la procesionaria del pino surgieron problemas causados generalmente por avispas y hormigas que realizaban agujeros en las bolsas de las trampas para alimentarse de las mariposas que habían quedado atrapadas. Este problema se fue resolviendo mediante el “parcheo” de las bolsas con cinta adhesiva.

d. Seguimiento de murciélagos

La primera fase de este estudio consistió en la instalación de cajas refugio de murciélagos en la ciudad de Zaragoza en mayo de 2018 con la finalidad de que estas fuesen ocupadas por distintas especies de murciélagos antropófilos.

Para comprobar si se ha producido la colonización de las cajas se ha procedido de dos maneras:

- Inspección de refugio potencial (Potential Roost Feature Inspection Survey), en la cual se hace uso de equipamiento para subir a los árboles y acceder a la zona del refugio para obtener información sobre la adecuación de la zona como refugio para murciélagos, además de otras evidencias de su presencia como rastros, manchas, olor, etc. (Collins, 2016).

- Inspección de salida y entrada (Emergence/re-entry surveys – structures and trees) de los refugios por parte de quirópteros. En esta fase se lleva a cabo la detección y grabación de los ultrasonidos emitidos por los murciélagos mediante detector especializado y grabadora en la zona en la que se encuentran las cajas refugio y posterior análisis mediante un software especializado (BatSound) (Collins, 2016).

i. Metodología de la inspección de refugio potencial

Se requiere el acceso a la zona donde se encuentra el refugio potencial bien sea mediante una plataforma elevadora o mediante la escalada o a pie. Además, es necesario el siguiente equipo: linternas, espejos y cámara endoscópica (Figura 19). Se debe llevar a cabo la inspección durante el día para mayor seguridad y evitar causar molestias a los murciélagos en su salida del refugio. Este tipo de inspecciones pueden llevarse a cabo en cualquier época del año, aunque esto puede afectar a la probabilidad de hallar evidencias de presencia de murciélagos (Collins, 2016).



Figura 19: Cámara endoscópica Ridgid micro CA-350 empleada para este tipo de inspección.

Se realiza también una evaluación del exterior de la estructura desde el suelo para localizar cualquier evidencia de murciélagos como excrementos, salpicaduras de orina, manchas, individuos vivos o muertos. La evidencia más fiable de presencia de murciélagos son los excrementos (Collins, 2016).

ii. Metodología de la inspección de salida y entrada

En este tipo de inspección se visitan las cajas refugio de los murciélagos al atardecer o al amanecer y se realiza la observación, escucha y grabación de la salida o entrada, según corresponda, de los murciélagos del refugio. El propósito de este tipo de inspección es la determinación de la presencia o ausencia de murciélagos en un refugio (Collins, 2016).

El equipo necesario para este tipo de inspección es: un detector de ultrasonidos (Pettersen D 240 x), grabadora de sonido (Olympus Multi-track linear pcm LS-100) (Figura 20), linterna, prismáticos y auriculares (Collins, 2016).



Figura 20: Detector de ultrasonidos Peterson D 240x y grabadora Olympus Multi-track linear pcm.

El detector de ultrasonidos permite hacer audibles las llamadas de ecolocalización de los murciélagos. Por lo general los detectores son de tres tipos: heterodino, tiempo expandido y divisor de frecuencias. El de tiempo expandido conserva con mayor fidelidad las características de las llamadas de ecolocalización (Lisón, 2011). Para este trabajo se ha empleado el modo heterodino para la detección de las señales de ecolocalización y una vez detectado se ha pasado a tiempo expandido para facilitar la identificación posterior con el programa BatSound.

Si se realiza una inspección de salida se debe comenzar 15 minutos antes de la puesta del sol y finalizar una hora y media o dos horas después. Para la inspección de entrada se comienza una hora y media o dos horas antes del amanecer y se finaliza 15 minutos después de la salida del sol (Collins, 2016).

Entre abril y octubre se considera que es el periodo activo de los murciélagos, ambos meses incluidos. En abril se pueden detectar refugios de transición, entre mayo y agosto refugios de crianza o refugios de verano para macho o hembras no reproductoras, entre septiembre y octubre se pueden detectar refugios de transición después de haber abandonado los de cría y antes de entrar en la fase de hibernación (Collins, 2016).

Para analizar las llamadas de ecolocalización de los murciélagos se han seguido las instrucciones de uso del programa BatSound (Using BatsSound software for basic sound analysis (with frequency division recordings¹) redactadas por la Bat Conservation Trust junto al JNCC (Joint Nature Conservation Committee/ Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza) y la Clave de identificación para las llamadas de ecolocalización de los murciélagos de la Península Ibérica de Fulgencio Lisón Gil.

Para el análisis de las grabaciones se han de tener en cuenta diferentes parámetros de las llamadas de ecolocalización como la estructura del pulso, la frecuencia inicial y final del pulso, la frecuencia de máxima energía, la duración del pulso, el intervalo interpulsos, el ancho de

¹ JNCC y Bat Conservation Trust (s.f.). Using BatsSound software for basic sound analysis (with frequency division recordings). [Recuperado el 10 de septiembre de 2019 de: http://bats_new.brix.fatbeehive.com/publications_download.php/1085/How_to_use_BatSound_softwa_re_for_sound_analysis.pdf]

banda, la amplitud, las llamadas sociales, los zumbidos de alimentación y los pulsos armónicos (Lisón, 2011).

Según la especie de murciélagos se pueden identificar cuatro tipos de pulsos en la Península Ibérica (Lisón, 2011):

- Pulsos de frecuencia constante: la frecuencia en este tipo de pulso es invariable en el tiempo y la duración del pulso es prolongada. Característicos de *Rhinolophus* spp.
- Pulsos de frecuencia modulada: la frecuencia cambia en este tipo de pulso y su duración es muy breve. Característicos de *Myotis* spp.
- Pulsos de frecuencia modulada casi constante: la frecuencia en este tipo de pulso combina los dos tipos de pulso anteriores (frecuencia constante y modulada).
- Pulsos de frecuencia casi constante: en este pulso la parte de la llamada de frecuencia modulada desaparece y se mantiene la parte de frecuencia casi constante. Característicos de *Tadarida teniotis* y del género *Nyctalus*.

Teniendo en cuenta todos los factores mencionados anteriormente, se inicia el análisis de las llamadas. Tras cargar las grabaciones en un formato soportado por el programa, se deben seleccionar las mejores llamadas de ecolocalización para el análisis.

Para hacer esta selección se debe considerar la calidad de la señal emitida por los murciélagos y el ruido de fondo, no interesa que haya mucho ruido de fondo, ni que se acoplen varias llamadas de ecolocalización o que las llamadas sean muy suaves, ya que habría mucho ruido en comparación con la llamada.

Después de realizar la selección, se amplía la parte de la grabación que nos interesa para poder estudiar la forma de la llamada de ecolocalización y se modifican los ajustes del espectrograma para adecuarlos a la grabación concreta que se está analizando. Una vez se ha realizado el paso anterior, se determina cuál de los cuatro tipos de pulsos de ecolocalización es el que se está estudiando en ese momento, se mide la frecuencia de comienzo y final de la llamada, su duración, el intervalo entre dos llamadas seguidas y el intervalo medio entre llamadas de la grabación.

Por ejemplo, en el caso de especies del género *Pipistrellus*, el tipo de pulso que emplean es de frecuencia modulada o de frecuencia modulada casi constante y la frecuencia final de la llamada de ecolocalización suele estar por encima de los 36 kHz.

4. Resultados y discusión

a. Determinación del vuelo de la procesionaria

En las Tablas 6 y 7 se muestra el número de ejemplares de procesionaria del pino capturados en cada punto de punto de las rutas cuando estas fueron efectuadas. La primera revisión se realizó el 26 de julio de 2018 y la última el 28 de septiembre de 2018, se cesaron las revisiones tras esta última debido al bajo número de ejemplares capturados. En las Tablas 6 y 7 se muestran los resultados del seguimiento en las Rutas 1 y 2.

El máximo número de ejemplares capturados se da durante el mes de agosto y a comienzos de septiembre. Además, en la Ruta 1 se alcanza el mayor número de ejemplares capturados en el Parque Grande – Cabezo con un total de 171 capturas el 23 de agosto de 2018. En la Ruta 2 el máximo número de ejemplares capturados se dio en la calle Matías Pastor Sancho, nº2, con un total del 170 capturados el 16 de agosto de 2018.

Tabla 6: Capturas de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 1.

Ruta 1	26/07/18	09/08/18	23/08/18	07/09/18	28/09/18
Parque José Antonio Labordeta - Estación del tren	6	18	41	12	0
Parque José Antonio Labordeta – Cabezo	23	90	171	86	5
Parque José Antonio Labordeta – Quiosco de la música	0*	10	0**	0	0
Parque José Antonio Labordeta – Rincón de Goya	0	15	27	4	3
Ciudad Universitaria - Servicio de Publicaciones	3	50	18	15	2
Ciudad Universitaria – Matemáticas	3	10	7	2	0
Ciudad Universitaria – Pedro Cerbuna	5	10	15	5	0
Castillo Palomar - Arriba	6	75	13	38	0
Castillo Palomar – C.E.I.P. Ana Mayayo	0	0***	0**	0	0
Castillo Palomar – C/ Celso Emilio Ferreiro	1	19	18	4	0
Almozara – Av. de la ciudad de Soria	2	64	20	15	0
La Aljafería – Andador Al-muqtadir (inicio)	10	37	5	11	0
La Aljafería – Andador Al-muqtadir (final)	3	22	7	4	0
*: trampa no encontrada	**: agujero por hormigas		***: agujero en la bolsa		

Tabla 7: Capturas de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 2.

Ruta 2	02/08/18	16/08/18	03/09/18	12/09/18
Av. San Juan de la Peña, nº90	11	22	4	5
C/ Valle de Gistaín	48	32	21	0
C/ Monte Perdido, nº9-11	20	19	12	0
C/ Antonio Tramullas	14	48	40	3
Av. Salvador Allende/Amylum	15	74	50	2
C/ Matías Pastor Sancho, nº2	88	170	90	40
C/ Federico Engels	36	0**	75	17
C/Acalde Caballero, nº23	66	167	5**	3
Av. San Gregorio, nº41	6	27	15	0
C/ Jesús y María, nº39	9	60	40	11
Camino Cementerio, 1, 50110, Zaragoza	33	31	37	35
Av. Montañana, 411, Parque de los donantes	89	134	41	6
C.E.I.P. Hermanos Argensola, Montañana	135	0**	153	16

Para identificar el momento más adecuado en el que efectuar un posible tratamiento de control de la procesionaria del pino adicional a su control mediante murciélagos, se han agrupado los datos de capturas de procesionaria mostrados anteriormente en quincenas (Tabla 8).

Tabla 8: Número de individuos capturados en las dos rutas por quincenas.

	2ª quincena julio	1ª quincena agosto	2ª quincena agosto	1ª quincena septiembre	2ª quincena septiembre
Total	62	998	1126	779	148

Al observar la Tabla 8 se ha de tener en cuenta que durante la segunda quincena de julio solo se realizó la Ruta 1 porque hubo retrasos en el inicio de la toma de datos asociados a las fuertes tormentas que se produjeron durante julio en Zaragoza. Se estima que de haberse realizado durante la segunda quincena de julio las dos rutas el total de capturas habría sido algo superior al doble de lo obtenido con la Ruta 1.

Si se tiene esto en consideración, son destacables las diferencias de capturas que se produjeron entre la primera y segunda quincena de julio y las de septiembre. Por ejemplo, ente la primera y segunda quincena de septiembre hubo una diferencia en las capturas de 631 individuos, esto es cerca del doble de la diferencia en capturas que hubo entre la segunda quincena de agosto y la primera de septiembre (347 individuos de diferencia). Entre la primera y segunda quincena de agosto se produjo la menor diferencia en capturas, con un aumento de 128 individuos capturados en la segunda.

Si se comparan las fechas de mayor presencia de procesionaria durante el verano de 2018 con su ciclo biológico en Aragón (Figura 21) se comprueba que son coincidentes con lo representado y que se trata del periodo típico en el que se produce el vuelo de la procesionaria del pino en ambientes de clima cálido. Si bien existe una ligera diferencia en cuanto al comienzo de la aparición de la procesionaria del pino, en general, se puede decir que los datos obtenidos responden a lo esperado.

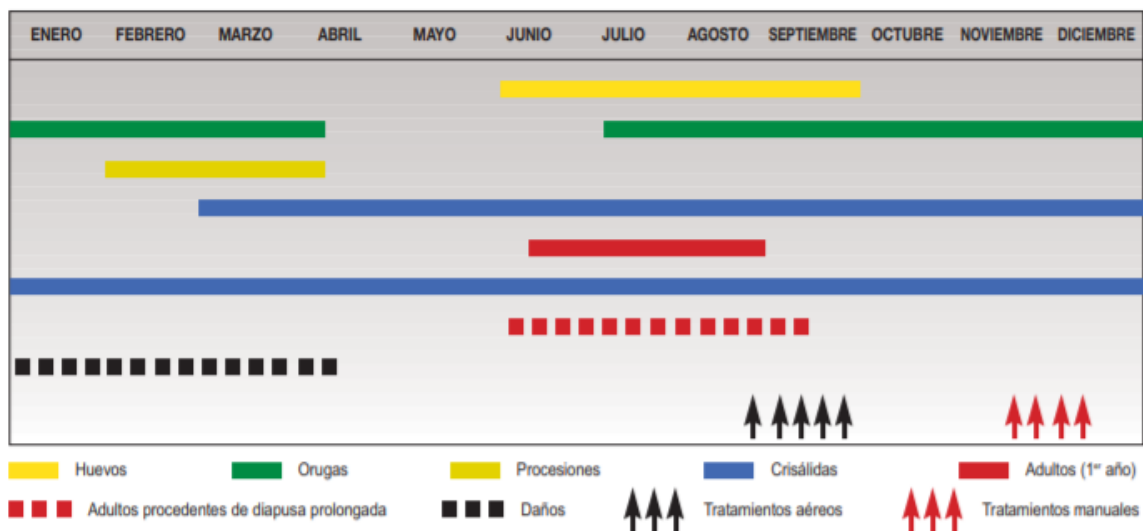


Figura 21: Ciclo biológico de *Thaumetopoea pityocampa* en Aragón. Fuente: (Gobierno de Aragón, 2002).

Es posible que este pequeño retraso en la aparición de los adultos de procesionaria del pino se deba a las temperaturas o a las precipitaciones que hubo en mayo y junio de 2018. Según la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) (Tabla 9) el verano de 2018 fue muy cálido en Zaragoza y con meses de muchas precipitaciones, como julio y agosto. Lo que coincide también con las fuertes tormentas del mes de julio que retrasaron el inicio de la toma de datos.

Tabla 9: Temperaturas y precipitaciones en Zaragoza durante los meses de seguimiento de la plaga. Fuente (AEMET, 2018).

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Temperaturas	Normal (18,4 °C)	Normal (22,9 °C)	Muy cálido (27,1 °C)	Muy cálido (26,4 °C)	Muy cálido (23,7 °C)
Precipitaciones	Muy húmedo (81,6 mm)	Seco (11,2 mm)	Muy húmedo (46,8 mm)	Muy húmedo (65,8 mm)	Normal (18 mm)

Uso de cajas refugio de murciélagos como nueva estrategia de control de la procesionaria del pino en Zaragoza

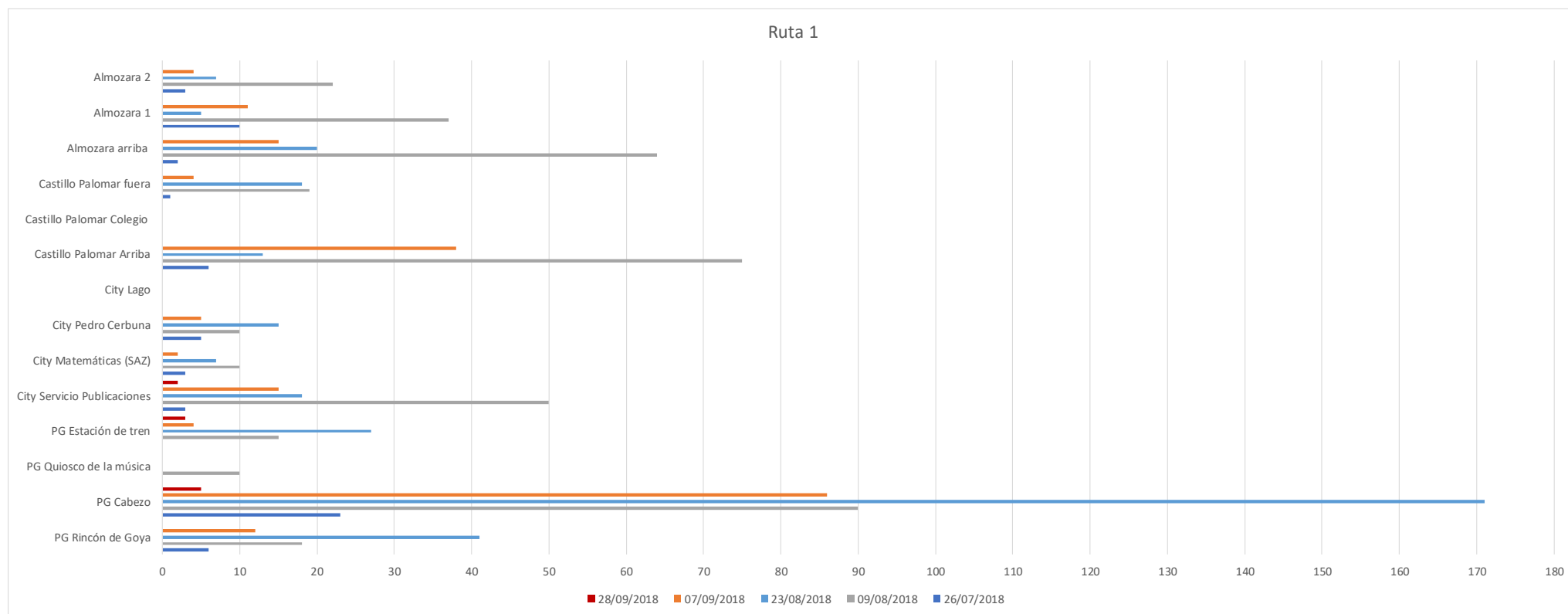


Figura 22: Datos de captura de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 1.

En la Figura 22 están representados los resultados del seguimiento de la procesionaria del pino en la Ruta 1, se puede observar que el 23 de agosto de 2018 se registró un máximo de capturas (171) en el punto de control situado en el parque José Antonio Labordeta (Parque Grande) en la zona del Cabezo. En el resto de los puntos de control se observan máximos en las semanas del 9 de agosto y la del 23 de agosto.

Uso de cajas refugio de murciélagos como nueva estrategia de control de la procesionaria del pino en Zaragoza

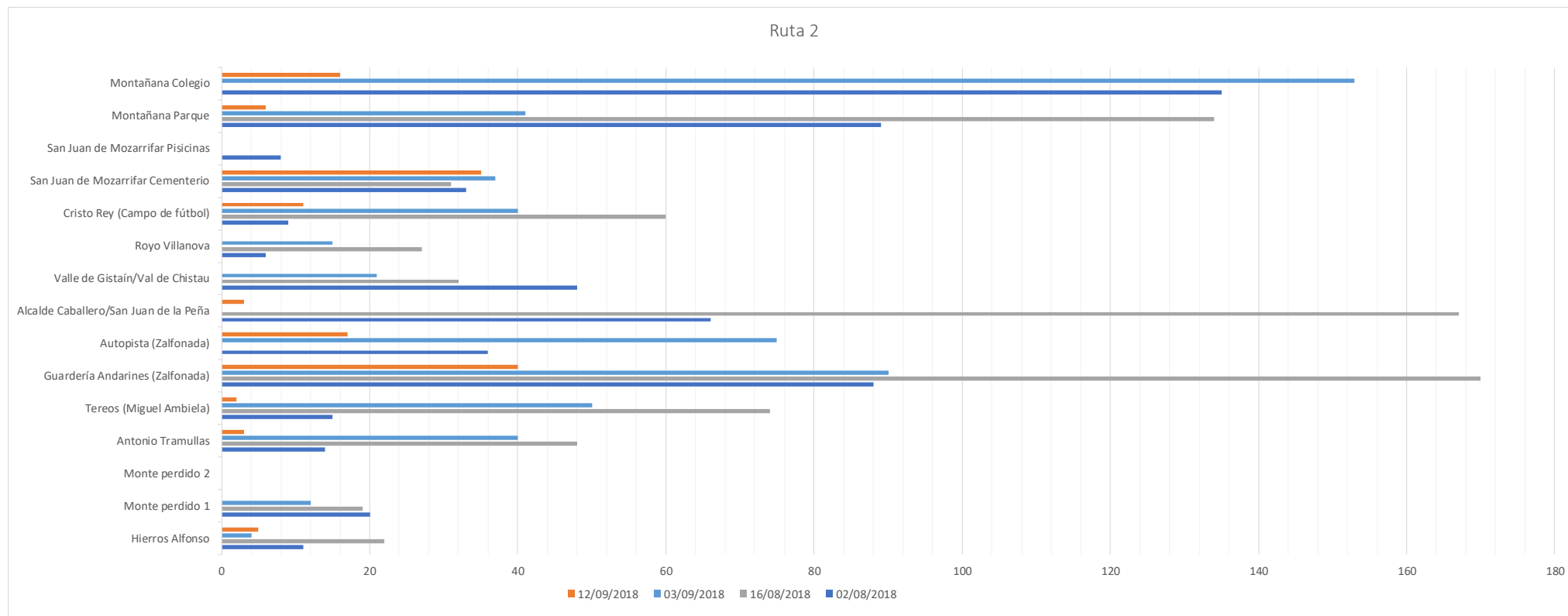


Figura 23: Datos de captura de ejemplares de procesionaria del pino en la Ruta 2.

En la Figura 23 están representados los resultados del seguimiento de la procesionaria del pino en la Ruta 2, se puede observar que el 16 de agosto de 2018 se registró un máximo de capturas (170) en el punto de control situado en la calle Matías Pastor Sancho, nº2, junto a la guardería Andarines. En el resto de los puntos de control se observan máximos en las semanas del 16 de agosto y la del 3 de septiembre.

b. Determinación de la colonización de los refugios de murciélagos

El 29 de marzo de 2019 se comenzó la inspección de salida del refugio de murciélagos, según la metodología detallada previamente, tras haber detectado el comienzo de su actividad en varios puntos de Zaragoza, estas inspecciones se continuaron hasta agosto de 2019.

Se procedió al control de la actividad en las cajas mediante el método inspección de la salida de los murciélagos del refugio (Bat Emergence) en combinación con la de inspección de refugio potencial. Durante estos controles se inspeccionaron los alrededores de las cajas en busca de evidencias de la presencia de murciélagos en la zona, se tomaron las coordenadas de las cajas, se tomaron fotografías de las mismas, se realizó la grabación de las señales de ecolocalización en modo heterodino y tiempo expandido, cuando había un avistamiento de un individuo se anotó la hora de su aparición y se realizaba una estimación de la especie o el género en función de la frecuencia de su señal de ecolocalización y de sus características morfológicas.

Una vez se hubo realizado una comprobación de las 35 cajas refugio, se procedió a realizar una segunda ronda de inspección en el mismo orden en el que se había realizado la primera y siguiendo los mismos pasos que se habían seguido anteriormente.

Los resultados de la primera ronda de inspección fueron negativos, no se detectó ninguna salida de murciélagos de las cajas refugio durante las inspecciones de salida siguiendo la metodología especificada previamente. Sin embargo, sí se detectó la presencia de murciélagos en esas zonas en busca de alimento, estos individuos provenían de las cercanías a las zonas estudiadas y se desplazaban en grupos de al menos dos individuos (Figura 24).

Durante la segunda ronda de inspección se repitieron los resultados de la primera, no se registraron signos de ocupación de las cajas refugio instaladas, y al igual que durante la primera ronda, se detectó actividad en las cercanías de las cajas refugio.



Figura 24: Murciélagos fotografiados en la zona de seguimiento (Parque Grande - Rincón de Goya).

Con el uso del software BatSound (Figura 25) se identificaron las especies a las que pertenecían las llamadas de ecolocalización que habían sido grabadas durante las inspecciones volando en las proximidades de las cajas refugio. Se confirmó que, como se preveía, pertenecían al género *Pipistrellus*, concretamente las especies detectadas eran *P. pygmaeus* (murciélago de cabrera, con llamadas de 52-55 kHz) y *P. pipistrellus* (murciélago común, con llamadas de 42-48 kHz). Cuando no era posible asignar con certeza la llamada a una de las dos especies se identificaba como *Pipistrellus* spp.

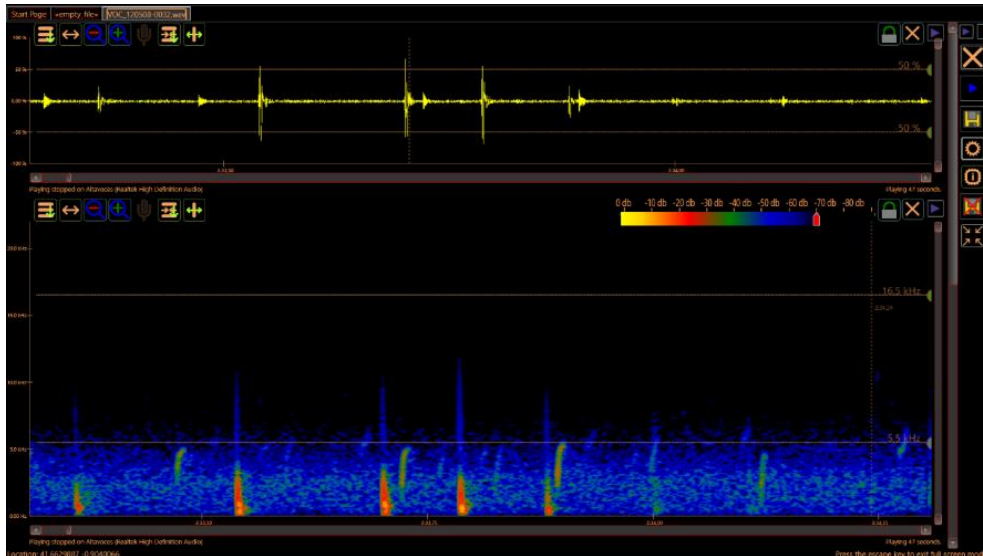


Figura 25: Análisis de las llamadas de ecolocalización con BatSound.

Durante el proceso de inspección de la salida de individuos de las cajas refugio, se realizó simultáneamente la observación de los murciélagos en vuelo en los alrededores. Dado que se trata de un seguimiento visual en el que no se han empleado otros recursos que se suelen utilizar en metodologías de seguimiento de murciélagos en vuelo, como redes de niebla o japonesas o radiotelemetría, se ha elaborado una metodología muy simple que permita la comparación de los avistamientos en los distintos puntos de seguimiento. Además, es importante indicar que, ya que los refugios no están ocupados, se considera que las zonas en las que se realizaron las observaciones eran áreas de caza o de paso y no de refugio. Por lo general, aquellos animales que tienen un comportamiento colonial se agrupan en zonas de pernoctación y se alimentan en otros lugares (Nicholls y Racey, 2006).

Se ha considerado la abundancia de murciélagos presentes en la zona en función del número de individuos que eran avistados en vuelo simultáneamente. Esto se debe a que el vuelo errático de los murciélagos no permite determinar si se está observando repetidamente al mismo individuo o si se tratan de varios individuos diferentes y esto puede dar lugar a una sobreestimación de la abundancia. Por lo tanto, se clasifican como:

- Baja: 1 o 2 individuos volando simultáneamente.
- Media: 3 a 6 individuos volando simultáneamente.
- Alta: más de 6 individuos volando simultáneamente.

Bajo estas consideraciones, tanto los puntos de muestreo en el parque Castillo Palomar, como los del Parque Oliver, tienen una abundancia media. La abundancia en todos los puntos de la Ciudad Universitaria es baja. Y en el parque José Antonio Labordeta existen diferencias entre los puntos de muestreo, en el Quiosco de la Música la abundancia es baja, en el Cabezo es media y en el Rincón de Goya es alta.

Estos resultados se muestran en la Tabla 10 en función de si se tomaron durante la primera ronda de seguimiento o en la segunda, estas rondas de seguimiento fueron realizadas entre marzo y agosto de 2019. Es posible que la baja abundancia en la Ciudad Universitaria y en la zona del Parque José Antonio Labordeta – Quiosco de la Música pueda deberse a que son zonas con mayor actividad humana o más próximas a esta y por tanto de menor interés para los murciélagos.

Tabla 10: Abundancia relativa de individuos por zonas de seguimiento y rondas.

Zona	Ronda 1	Ronda 2
▪ Castillo Palomar	Media	Media
▪ Ciudad Universitaria	Baja	Baja
▪ J. A. L. – Quiosco de la Música	Baja	Baja
▪ J. A. L. – Cabezo	Media	Alta
▪ J. A. L. – Rincón de Goya	Alta	Media
▪ Oliver	No se realizó seguimiento	Media

Además de la abundancia también se determinó la especie predominante en cada zona (Tabla 11), esto se mantiene igual tanto en la primera como en la segunda ronda. No se ha detectado un cambio de la zona de distribución de las especies en función del mes en el que se tomaron los datos.

Tabla 11: Especie predominante en cada zona de seguimiento.

Zona	Especie
▪ Castillo Palomar	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
▪ Ciudad Universitaria	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
▪ J. A. L. – Quiosco de la Música	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
▪ J. A. L. – Cabezo	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
▪ J. A. L. – Rincón de Goya	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
▪ Oliver	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>

Durante la realización de la segunda ronda de inspección se decidió traslocar cinco de las cajas en la ciudad universitaria al parque Oliver. Esta decisión fue motivada por el hallazgo de una caja refugio ocupada por una colonia de murciélagos en ese mismo parque, lo que puede facilitar la colonización de las nuevas cajas.

Para confirmar la colonización de la caja que motivó la traslocación de las otras cinco, se realizó una inspección de refugio potencial, en la que se hallaron heces de murciélago a los pies del árbol en el que se encontraba la caja refugio; se realizó también una inspección del interior de la caja mediante una cámara endoscópica, en la que se pudieron fotografiar y grabar en video al menos 6 individuos en su interior (Figura 26); y se realizó una inspección de entrada de murciélagos al refugio, en la que se detectaron dos salidas y 3 entradas a la caja.



Figura 26: Interior de la caja colonizada en el Parque Oliver.

5. Discusión general

La procesionaria del pino (Figura 27) se trata de un insecto defoliador ampliamente extendido en zonas mediterráneas. Esta plaga es conocida así por la formación que siguen durante su estado larvario desde su refugio original en los árboles hasta la zona en la que se entierran y permanecen hasta alcanzar su estado adulto. Además, el clima en la Península Ibérica es el idóneo para este insecto.



Figura 27: Procesionaria del pino en fase larvaria. Fuente: (William M. Ciesla, s.f.b).

La ciudad de Zaragoza se ha visto afectada desde hace años por la presencia de la procesionaria del pino, esto se debe en gran medida a la abundancia de especies de pino en toda su zona urbana. Su abundancia, especialmente en parques y jardines, junto con el desconocimiento de las especies de murciélago que habitan en Zaragoza, es lo que ha motivado la realización de este trabajo.

En la Península Ibérica se pueden encontrar 25 especies diferentes de murciélagos, de esas 25, 18 especies pueden ser localizadas en zonas urbanas, estas especies se conocen como antropófilas. De las 18 especies antropófilas, 9 se alimentan típicamente de lepidópteros, como lo es la procesionaria del pino. Estas 9 especies son: *Barbastella barbastellus*, *Eptesicus serotinus*, *Hypsugo savii*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus kuhlii*, *Plecotus auritus*, *Plecotus austriacus*, *Rhinolophus ferrumequinum* y *Tadarida teniotis*.

Aunque algunas especies no se alimenten habitualmente de lepidópteros, pueden hacerlo de manera ocasional si se trata de la presa con mayor presencia en su zona de distribución. Este puede ser el caso de las especies de *Pipistrellus*, cuya dieta se conforma principalmente de dípteros, aunque algunas especies como *P. kuhlii* también ingieren lepidópteros.

La finalidad de este trabajo es estudiar la efectividad de la instalación de cajas refugio de murciélagos para incrementar su densidad y favorecer así el control biológico de la procesionaria del pino.

Para lograrlo, se ha determinado el vuelo de la procesionaria del pino en la ciudad de Zaragoza, también se han identificado las especies de murciélagos que habitan en los parques de la ciudad, se han obtenido los datos de colonización de las cajas refugio de murciélago y se ha comparado la abundancia de procesionaria del pino en zonas con presencia de murciélagos y zonas en las que no están presentes.

Para cumplir estos objetivos se ha realizado la estimación del vuelo de la procesionaria en zonas en las que se han instalado también cajas refugio de murciélagos y en zonas en las que no han

sido instaladas, lo que permite realizar la comparación para determinar su eficacia como controlador de la población de procesionaria del pino.

La determinación del vuelo de la procesionaria del pino se ha llevado a cabo mediante la captura de los ejemplares adultos durante el verano de 2018 utilizando trampas G con feromona atrayente (Figura 28), se llevó a cabo semanalmente el recuento de los individuos atrapados y una vez finalizado el muestro se realizó el tratamiento estadístico de los datos. Se estimó que el máximo número de ejemplares en vuelo se produce entre agosto y comienzos de septiembre en Zaragoza, produciéndose el comienzo del vuelo a mediados de julio y su finalización a finales de septiembre, lo que corresponde con lo esperado en una zona de clima cálido como lo es Zaragoza durante el verano.



Figura 28: Trampa G para procesionaria del pino.

Por otro lado, para el seguimiento de los murciélagos antropófilos, se instalaron 25 cajas refugio de murciélagos en mayo de 2018 (Figura 29) y fueron inspeccionadas entre marzo y agosto de 2019. El control de las cajas se ha llevado a cabo de dos maneras, mediante la revisión visual de los alrededores del árbol en busca de evidencias físicas de la presencia de murciélagos, y mediante la detección, grabación y análisis de las llamadas de ecolocalización de las especies que emergían o entraban a las cajas refugio.



Figura 29: Caja refugio (modelo 1) instalada en el Parque José Antonio Labordeta (Parque Grande) – Quiosco de la música.

El resultado de las inspecciones de las cajas refugio entre marzo y agosto de 2019 resultó negativo, no se detectaron salidas de las cajas refugio de murciélago durante ninguno de los censos. Por otro lado, si fueron detectados murciélagos volando y alimentándose en las zonas en las que se realizan los controles, por lo que es probable, que en el futuro estos refugios sean ocupados.

Las especies detectadas en la cercanía a las cajas refugio instaladas (*P. pygmaeus* y *P. pipistrellus*) (Figura 30) tienen un amplio rango de distribución en Europa y en muchos casos su distribución es coincidente en el territorio, aunque su abundancia relativa sea diferente. Son especies de pequeño tamaño y con características muy similares, durante mucho tiempo incluso se pensaba que se trataba de una sola especie. Poseen dietas muy similares, con predilección por presas de pequeño tamaño, las diferencias en su alimentación pueden estar asociadas a sus hábitats de preferencia. Cuando ambas especies están presentes en zonas de coníferas no se encuentran diferencias significativas en su distribución y son más activos en las cercanías al agua que en la zona arbolada (Rachwald et al., 2016).

Aunque posean rangos de distribución muy similares, estas dos especies mostraron un solapamiento intraespecífico del área de alimentación significativamente mayor que el solapamiento interespecífico en un estudio llevado a cabo en las proximidades de una ciudad (Kemnay) al noreste de Escocia. De esto se concluye que, aunque pueden compartir zonas de alimentación, suelen escoger áreas distintas para cazar (Nicholls y Racey, 2006).

En ese estudio se comprobó que *P. pygmaeus* se distribuía bordeando el río local, incorporando en su zona de alimentación tanto el río como el bosque de ribera que lo rodeaba. Mientras que *P. pipistrellus* se distribuía en un área de un tamaño aproximadamente tres veces mayor con zonas intensamente modificadas por la agricultura, las zonas de arbolado eran escasas y distantes entre sí. La zona de alimentación escogida por *P. pipistrellus* en ese estudio probablemente tuviese una menor disponibilidad de alimento que la escogida por *P. pygmaeus* y puede que a ello se deba su mayor tamaño (Nicholls y Racey, 2006).



Figura 30: Ejemplar de *Pipistrellus spp.* volando en la zona de muestreo.

En estudios previos de la colonización de las cajas refugios de murciélagos se ha detectado que suelen comenzar a ser ocupadas tras haber pasado más de un año de su instalación, se ha de

tener en cuenta que la colonización de los refugios artificiales en zonas urbanas es muy variable y pueden tardar varios años en ser ocupadas (Ciechanowski, 2005; Maltagliati, 2012).

En Italia entre 2007 y 2010 alrededor de 25.000 cajas refugio para murciélagos fueron instaladas. Hasta 2009, casi dos años después de la primera instalación, no se detectaron indicios de colonización y una vez detectados, se esperó hasta el año siguiente para comenzar con las inspecciones, de esta manera se dio tiempo a los murciélagos para colonizar las cajas. Tras el comienzo de las inspecciones se determinó que las tasas de colonización aumentaban con el paso del tiempo y que el pico de colonización anual se iba adelantando año tras año. En ese mismo estudio, también se detectó que la tasa de colonización aumentaba linealmente con la altura y comenzaba a ser significativa a partir de los 4 metros de altura sobre el suelo (Maltagliati, 2012).

Por lo general, los murciélagos eligen sus refugios en función de la capacidad de los mismos para permitirles ahorrar energía durante su letargo invernal por lo que son importantes factores como su color, orientación y posicionamiento (Maltagliati, 2012; Alcalde et al., 2013). También son decisivos factores como la presencia/ausencia de refugios naturales en la zona y la disponibilidad de invertebrados de los que alimentarse (Ciechanowski, 2005).

En Navarra se colocaron en torno a 500 cajas refugio para murciélagos entre los años 2001 y 2011 y fueron revisadas entre septiembre y noviembre de 2012. De este estudio se determinó que las cajas con mayor porcentaje de ocupación eran aquellas con una orientación noroeste, seguidas de aquellas con orientación suroeste y sur, las cajas orientadas al noreste estaban significativamente menos ocupadas. También se comprobó que las cajas que combinan cemento y madera son más eficaces que las que están compuestas por madera únicamente, además de que su durabilidad es mayor (Alcalde et al., 2013).

Las zonas en las que se ha realizado el estudio de la colonización resultan atractivas para los murciélagos y eso es demostrable por la presencia de individuos alimentándose en los alrededores de los puntos de control, por lo que la disponibilidad de invertebrados no se trata de un factor que dificulte la colonización. Sin embargo, son entornos en los que los murciélagos pueden encontrar refugio con relativa facilidad, pues son zonas con edificaciones y arbolado en los que podrían alojarse, esto puede retrasar la llegada de murciélagos a las cajas.

Si se tienen en cuenta los otros aspectos estudiados en los trabajos previos mencionados, tanto la altura (superior a los 3 metros), como la orientación (noroeste), resultan óptimas para favorecer la colonización de las cajas refugio. Pero el material de fabricación (madera), resulta menos favorable que la combinación de cemento y madera tanto en tasa de colonización como en resistencia a la degradación por el tiempo. Además, las inspecciones comenzaron antes de que pasasen 12 meses desde la instalación de las cajas en los parques, lo que se trata de un periodo de tiempo muy corto para la colonización de las cajas que puede haber tenido una gran influencia en los resultados obtenidos. Se entiende que este primer seguimiento ha sido muy temprano y que es probable que los resultados de colonización sean positivos a partir de 2020 o 2021.

Algunos autores sugieren que la instalación de cajas refugio en bosques de reforestación alejados de zonas urbanas puede proveer de refugios alternativos a especies forestales como *Barbastelle* spp, *Noctule* spp, *Plecotus auritus*, *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis nattereri* o *Myotis bechsteinii*. Pero que la colocación de cajas refugio en zonas de bosque rodeadas de zonas urbanas no provee refugios alternativos y no es una buena estrategia para la conservación de los murciélagos (López-Baucells et al., 2016).

En ocasiones las cajas refugio no son empleadas por los murciélagos como refugio anual, y en su lugar son consideradas como refugios alternativos tomando gran importancia en fases como la hibernación, la etapa de reproducción o la del nacimiento de las crías (López-Baucells et al., 2016). En el caso del seguimiento de este trabajo (Figura 31), al prolongarse desde marzo hasta agosto se entiende que habría detectado la presencia de murciélagos en las cajas refugio independientemente de la manera en la que éstos empleasen las cajas pues se ha realizado el control en todas las fases de ocupación de los distintos tipos de refugio en las que los murciélagos están activos.



Figura 31: Seguimiento de las cajas en la Ciudad Universitaria.

El proceso de colonización se ha tratado de acelerar al trasladar las 5 cajas que se encontraban en la Ciudad Universitaria-Campus San Francisco al Parque Oliver (Figura 32), donde fue encontrada una caja refugio instalada varios años antes habitada por una colonia de *Pipistrellus pygmaeus*.



Figura 32: Traslocación de las cajas al parque Oliver.

Estas 5 cajas fueron seleccionadas para ser trasladadas por el bajo número de individuos en vuelo avistados en la zona. Las obras de demolición de la Facultad de Filosofía y Letras en el Campus, junto con el hecho de que la fuente de la Ciudad Universitaria se encuentra alternativamente en funcionamiento y seca, son factores que pueden haber sido determinantes para la baja presencia de murciélagos en esa zona, ya que las obras pueden haber producido un aumento en el estrés por su elevado impacto en el medio, y al secarse la fuente, los murciélagos pierden la disponibilidad de agua en las proximidades.

Las conclusiones de este proyecto son que se debería continuar con los estudios que se están llevando a cabo al menos durante un año más para así tratar de asegurar que se produce la colonización de las cajas refugio. Se proseguiría con la misma metodología de inspección de refugio potencial y de inspección de salida y entrada para comprobar la colonización de las cajas refugio. En caso de que los resultados de las inspecciones de las cajas resultasen positivos, se debería repetir la determinación del vuelo de la procesionaria para poder comparar con los resultados de 2018 y ver las diferencias entre la Ruta 1, que pasa por zonas con cajas refugio de murciélago con su presencia confirmada, y la Ruta 2, que pasa por zonas en las que no se han instalado cajas refugio y no hay presencia de murciélagos. Así podría comprobarse la efectividad de los murciélagos presentes en Zaragoza como controladores de la plaga de procesionaria del pino.

Finalmente, teniendo en cuenta que se ha realizado una modificación de la localización de las cajas refugio de la Ciudad Universitaria, durante la siguiente determinación del vuelo de la procesionaria del pino, también se deberían incorporar trampas G en el Parque Oliver, donde han sido instaladas nuevamente las cajas refugio.

6. Conclusiones

1. Se estimó el vuelo de la procesionaria del pino en Zaragoza, observando que el máximo número de ejemplares en vuelo se produce entre agosto y comienzos de septiembre, iniciándose el vuelo a mediados de julio y finalizando a finales de septiembre, lo que corresponde con lo esperado en una zona de clima cálido como lo es Zaragoza durante el verano.
2. El uso de la grabación y análisis de las llamadas de ecolocalización de las especies de murciélagos antropófilos ha resultado eficaz para este estudio.
3. El resultado de las inspecciones de las cajas refugio entre marzo y agosto de 2019 resultó negativo, no se detectaron colonizaciones de las cajas refugio de murciélago durante ninguna de las inspecciones. Seguramente debido al breve tiempo transcurrido entre la colocación y este estudio.
4. Las especies detectadas en la cercanía a las cajas refugio instaladas fueron identificadas como *Pipistrellus pygmaeus* y *P. pipistrellus* y además con rangos de distribución muy similares entre ellas.
5. Las zonas de la ciudad en las que se ha realizado el estudio de la colonización resultan atractivas para los murciélagos y eso es demostrable por la presencia de individuos alimentándose en los alrededores de los puntos de control, por lo que la disponibilidad de invertebrados no se trata de un factor que dificulte la colonización. Sin embargo, son entornos en los que los murciélagos pueden encontrar refugio con relativa facilidad, pues son zonas con edificaciones y arbolado en los que podrían alojarse, esto puede retrasar la llegada de murciélagos a las cajas.
6. Se debería continuar con los estudios que se están llevando a cabo al menos durante un año más para así tratar de asegurar que se produce la colonización de las cajas refugio.

Bibliografía

- Alcalde, J. T., Campion, D., Fabo, J., Marín, F., Artázcoz, A., Martínez, I., Antón, I. (2013). Ocupación de cajas-refugio por murciélagos en Navarra. *Barbastella* 6 (1) 2013. [Recuperado el 18 de agosto de 2019 de: http://www.mnconsultors.com/pubs_files/201512848602013_cajas_murcielagos_alcalde_campion_et_al.pdf]
- Aldebis, H., Muñoz Ledesma, J., Santiago Álvarez, C., Vargas Osuna, E. (1994). Patógenos y parásitos para el control de la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* (D. y Schiff.) (Lep.: Notodontidae). *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, ISSN 0213-6910, Vol. 20, Nº 2, 1994, pp. 511-515.
- Arlettaz, R. (1996). Feeding behaviour and foraging strategy of free-living mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Animal Behaviour*, 51(1), pp.1-11. ISSN 0003-3472. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0001>
- Beck, A. (1995). Fecal analyses of European bat species. *Myotis*. 32, pp. 109-119.
- Miz Bee. (2006). Bats. [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/bonnieb/16704935503/>]
- Benzal, J., Paz, O. (1991). Los murciélagos de España y Portugal. Madrid: ICONA, pp. 119-121. [Recuperado el 16 de noviembre de 2018 de: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/vertebrados/murci_espana_portugal.aspx]
- CABI (2019). *Thaumetopoea pityocampa* (pine processionary). [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53501>]
- Charbonnier, Y., Barbaro, L., Theillout, A., Jactel, H. (2014). Numerical and functional responses of forest bats to a major insect pest in pine plantations. *PLOS ONE* 9(10): e109488. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109488>
- Ciechanowski, M. (2005). Utilization of artificial shelters by bats (Chiroptera) in three different types of forest. *Folia Zoologica* 54(1-2):31-37. [Recuperado el 16 de agosto de 2019 de: <https://kezk.bio.ug.edu.pl/admin/upload/files/ciech05.pdf>]
- Collins, J. (ed.) (2016) *Bat Surveys for Professional Ecologists: Good Practices Guidelines* (3rd edn). The Bat Conservation Trust, London. ISBN-13 978-872745-96-1.
- Cuadrat, J. M., Saz, M. A., Serrano, R., Tejedor, E. (2014). El clima del término municipal de Zaragoza en el contexto del cambio global. [Recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/clima.pdf>]
- De Miguel González, R. (2015). Transformación urbana y procesos territoriales recientes en Zaragoza y su espacio metropolitano. *Estudios Geográficos*, [S.I.] Vol. 76, n. 278, pp. 63-106, enero-junio 2015. ISSN: 0014-1496, eISSN: 1988-8546, doi: 10.3989/estgeogr.201503.

- Dorothee Rund (2014). Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/dorotheeriess/14221594040/>]
- Dr. Amadej Trnkoczy (2008). *Thaumetopoea pityocampa*; Pine Processionary Caterpillar. [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0808+0355]
- Dunstan photography (2014). මග මුදුන - Megabat in-flight (Image Two) Wildlife - Sri Lanka. [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/dunstanfdo/18802472162>]
- ECONEX (2018). ECONEX *Thaumetopoea pityocampa*. [Recuperado el 20 de octubre de 2018 de: <https://www.e-econex.com/econex-thaumetopoea-pityocampa/>]
- EEA: European Environment Agency (2013). European population trends – A prototype biodiversity indicator. EEA Technical report. ISSN 1725-2237, Nº 19/2013, pp. 9-10.
- Estrella, Erendira, Pech-Canché, Juan M., Hernández-Betancourt, Silvia F., López-Castillo, Diana L., & Moreno, Claudia E. (2014). Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. *Acta zoológica mexicana*, 30(1), 188-200. [Recuperado en 02 de septiembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000100014&lng=es&tlng=es]
- García, D., Capella, L., Quetglas, J. (2013). Nuevo dato sobre la longevidad del murciélago grande de herradura *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) en las islas Baleares. *Barbasterlla* 6 (1). ISSN: 1576-9720 SECEMU. <http://dx.doi.org/10.14709/BarbJ.6.1.2013.08>
- García Marí, F., Ferragut Pérez, F. (2002). *Las plagas agrícolas*. Valencia: Phytoma. ISBN 8493205648.
- Gobierno de Aragón (2002). Procesionaria del pino. *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff. Lepidóptera, fam. Thaumetopoeidae. *Informaciones técnicas* 2/2002. [Recuperado el 29 de agosto de 2019 de: [www.caib.es › sites › sanitatforestal](http://www.caib.es/sites/sanitatforestal)]
- Gobierno de Aragón (2019). Procesionaria del pino – “Campaña de información”. [Recuperado el 29 de agosto de 2019 de: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/TRIPTICO_PROCESIONARIA.pdf/729196c4-6c0d-6a0d-b863-10a2b0839246]
- Goiti, U., Vecin, P., Garin, I., Saloña, M., Aihartza, J. (2003). Diet and prey selection in Kuhl's pipistrelle *Pipistrellus kuhlii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in south-western Europe. *Acta Theriologica*, 48(4), pp.457-468. DOI: 10.1007/BF03192492
- Google Maps (2018). Zaragoza. [Recuperado el 3 de octubre de 2018 de: <https://www.google.com/maps/place/Zaragoza/@41.65167,-0.9650208,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd5914dd5e618e91:0x49df13f1158489a8!8m2!3d41.6488226!4d-0.8890853>]

- Guardiola, Á., Fernández, M^a. P. (2007a). *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774). Pp: 199-202. En: L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad -SECEM-SECEMU, Madrid.
- Guardiola, Á., Fernández, M^a. P. (2007b). *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1875). Pp: 203-206. En: L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad -SECEM-SECEMU, Madrid.
- Ibáñez, C., Agirre-Mendi, P. (1992). Presencia de dos nuevas especies de quirópteros (Orden chiroptera, Clase mammalia) en la Comunidad Autónoma de La Rioja. Zubía, ISSN 0213-4306, N^o 10, 1992, pp. 169-174.
- INE: Instituto Nacional de Estadística (2019). Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero – Resumen por capitales de provincia. [Recuperado el 1 de noviembre de 2018 de: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2911>]
- IUCN (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>.
- Junta de Castilla y León (2003). Manual para la conservación de los murciélagos en Castilla Y León. Valladolid: Consejería de Medio Ambiente. ISBN 8497182286.
- Leonardo Ancillotto (2009). Pipistrelle on hand. [Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/leonardoancillotto/5366003127/>]
- Leonardo Ancillotto (2010). Common Pipistrelle. [Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/leonardoancillotto/5151476410/in/album-72157625190032608/>]
- Leonardo Ancillotto (2011). Nursing. [Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de: <https://www.flickr.com/photos/leonardoancillotto/5703198872/in/album-72157625190032608/>]
- Lisón, F. (2011). Clave de identificación de las llamadas de ecolocalización de los murciélagos de la Península Ibérica. Versión electrónica 1.0. URL <<http://quiromur.blogspot.com/p/publicaciones.html>>
- López-Baucells, A., Puig-Montserrat, X., Torre, I., Freixas, L., Mas, M., Arrizabalaga, A., Flaquer, C. (2016). Bat boxes in urban non-native forests: a popular practice that should be reconsidered. Urban Ecosystems. DOI: 10.1007/s11252-016-0582-9.
- Maltagliati, G. (2012). Behavioral ecology of bats in urban and suburban areas: an ethological approach to conservation (Tesis doctoral). Universidad de Firenze, Italia.
- MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). Registro de Productos Fitosanitarios – formulados contra procesionaria. [Recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=243#>]

- MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (1981). Plagas de insectos en las masas forestales españolas. Colección técnica. ICONA. ISBN 8474791251.
- Nicholls, B., Racey, P. A. (2006). Contrasting home-range size and spatial partitioning in cryptic and sympatric pipistrelle bats. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61(1):131-142. DOI: 10.1007/s00265-006-0244-7.
- Pérez Contreras, T., Tierno de Figueroa, J. M. (1997). La procesionaria del pino y sus defensas urticantes. *Quercus* 135, pp. 20-22.
- Rachwald, A., Bradford, T., Borowski, Z., Racey P.A. (2016). Habitat preferences of soprano pipistrelle *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825) and common pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) in two different woodlands in north east Scotland. *Zoological Studies* 55:22 (2016). doi:10.6620/ZS.2016.55-22.
- Rydell, J., Arlettaz, R. (1994). Low frequency echolocation enables the bat *Tadarida teniotis* to feed on tympanate insects. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 257(1349), pp. 175-178.
- Torres Muros, L. (2015). Estudio de la Dinámica Poblacional de la Procecionaria del pino en el Espacio Natural de Sierra Nevada, dentro del Marco de Cambio Global. Análisis aplicado para una Gestión Adaptativa. ISBN 978-84-9125-534-5. Pp. 39-40. [Recuperado de: <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/42606/24953660.pdf?sequence=1&isAllowed=y>]
- Ubirajara Dutra Capaverde Junior, Susi Missel Pacheco, Marcos Eugenio Duarte (2014). Murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del área urbana del municipio de Boa Vista, Roraima, Brasil. *Barbastella* 7 (I). ISSN: 1576-9720 SECEMU. <https://dx.doi.org/10.14709/BarbJ.7.1.2014.03>.
- Vaughan, N. (2008). The diets of British bats (Chiroptera). *Mammal Review*, 27(2), pp. 77-94. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1997.tb00373.x>
- William M. Ciesla (s.f.a). Larval tent. [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53501>]
- William M. Ciesla (s.f.b). Larval procession. [Recuperado el 3 de agosto de 2019 de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53501>]
- Woutersen, K., Bafaluy Zoriguel, J. J. (2001). Murciélagos del Alto Aragón. Huesca: Kees Woutersen Publicaciones. ISBN 84-607-2307-0

Anexo fotográfico

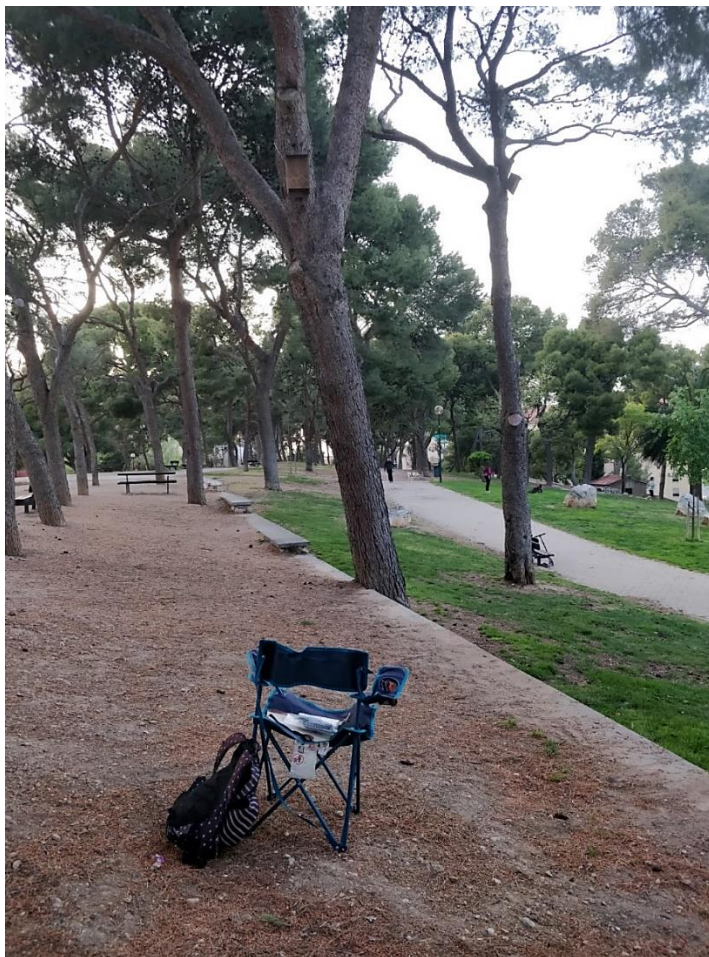


Figura 33: Inspección de salida de una caja refugio en el Parque Castillo Palomar.



Figura 34: Interior de la trampa G, a la vista feromona atrayente para procesionaria del pino.



Figura 35: Control de la trampa G para procesionaria del pino.