

EFECTO DE LOS LEPIDÓPTEROS SOBRE EL USO DEL HÁBITAT DE QUIRÓPTEROS EN CULTIVOS DE VID CONVENCIONALES Y ECOLÓGICOS

Trabajo Fin de Master (TFM)
Máster en Biodiversidad: Conservación y Evolución



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



Autor: Francisco Salvador Beltrán Pajarón
Director académico: Juan Salvador Monrós González (UV)
Director experimental: Juan Martínez Barberá (Bodegas Enguera)

La defensa de este Trabajo de Fin de Master tuvo lugar en la Facultad de Biología de la Universitat de València (UV) el 20 de Septiembre de 2018.

Tribunal:

José Antonio Gil-Delgado
Juan Antonio Balbuena Diaz-Pines
Carmen Rojo García-Morato

Francisco Beltrán Pajarón obtuvo una calificación de:

8,9

EFFECTO DE LOS LEPIDÓPTEROS SOBRE EL USO DEL HÁBITAT DE QUIRÓPTEROS EN CULTIVOS DE VID CONVENCIONALES Y ECOLÓGICOS

Resumen

Numerosos estudios demuestran el beneficio de la agricultura ecológica en la diversidad y abundancia de artrópodos y otros organismos. Sin embargo, existe poca evidencia sobre la influencia de estos sistemas agrícolas en las poblaciones de quirópteros (murciélagos). Este estudio tiene como objetivo ahondar en el conocimiento de la actividad de los murciélagos en viñedos ecológicos y convencionales en una zona vitícola representativa de la región mediterránea (Fontanars dels Alforins, Valencia). Al mismo tiempo, se estudia la abundancia y diversidad de lepidópteros en el viñedo y se relaciona con la actividad de los quirópteros.

Se llevaron a cabo muestreos en campo desde mediados de marzo de 2018 hasta junio del mismo año. Las polillas se capturaron mediante trampas de luz distribuidas en tres ecosistemas: viñedo convencional, zona forestal y viñedo ecológico. Para determinar la actividad de los murciélagos, se establecieron 20 puntos de escucha en viñedo ecológico y convencional y se utilizó un detector de ultrasonidos (Song Meter SM4BAT FS).

Tres especies de murciélagos del género *Pipistrellus* dominan en el registro de actividad tanto de pases como de zumbidos de alimentación. En lo que respecta a los dos sistemas estudiados, viñedo con manejo ecológico y viñedo con manejo convencional, no se encuentran diferencias significativas en la actividad de los murciélagos. Es posible que el manejo de cultivo no tenga efecto en la actividad de los murciélagos aunque es interesante continuar con el estudio para confirmar este resultado. Por otra parte, la diversidad y abundancia de macrolepidópteros y la abundancia de microlepidópteros son superiores en el cultivo convencional. Este resultado puede deberse del impacto producido por otras prácticas agrícolas sobre las poblaciones de polillas. Existe una correlación significativa entre la actividad total y media de forrajeo de *Pipistrellus kuhlii* (murciélago de borde claro) y la abundancia, diversidad y riqueza de geométridos y microlepidópteros capturados en el cultivo ecológico. Esta especie podría estar actuando como controlador natural de estos grupos de lepidópteros en el viñedo.

Palabras clave: Agricultura ecológica, murciélagos, forrajeo, lepidóptero, controlador natural

EFFECT OF LEPIDOPTERA IN THE USE OF HABITAT BY BATS IN ORGANIC AND CONVENTIONAL VINEYARDS.

Abstract

It has been demonstrated the benefit of organic farming on the diversity and abundance of arthropods and other organisms. Nevertheless, there is little evidence of the positive effect these systems have on the population of Chiroptera (bats). This study aims to improve the knowledge of bats in organic and conventional vineyards in a representative area in the Mediterranean region (Fontanars dels Alforins, Valencia). At the same time, diversity and abundance of Lepidoptera would be studied as well as its relation to bat activity.

Field samplings were carried out between March and June of 2018. Moths were captured by using light traps which were located in three short of ecosystems: conventional vineyard, organic vineyard, and a forestal area. In order to monitor bat activity, a bat detector was used (Song Meter SM4BAT FS) in 20 points in both organic and conventional vineyards.

Three bat species of *Pipistrellus*'s gender dominate the vineyard. No significant differences were found in both organic and conventional vineyards. Perhaps crop management does not have an effect on bat population, although it is interesting to keep developing the study to confirm this result. Diversity, as well as the abundance of Macrolepidoptera, were higher in conventional vineyards. Abundance of Microlepidoptera was also higher in conventional than in organic vineyards. This result might be due to the impact of agricultural practices on the moth population. There is a significant relation in bat feeding buzz of *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl's pipistrelle) and the abundance of Geometridae and Microlepidoptera in the organic vineyard. *Pipistrellus kuhlii* might be having an important role in the biological control of these group of moths in the vineyard.

Key Words: Organic farming, bats, foraging, moths, biological control.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de final de máster se ha llevado a cabo gracias a la intervención y coordinación de diversos actores.

Me gustaría empezar esta sección agradeciendo la enorme colaboración de Paulino Peiró, el cual ha estado en todas las batallas de campo a mi lado y me abrió las puertas de su casa cuando lo necesitaba.

A mi tutor el Dr. Juan Monrós González, por la confianza puesta en mi para realizarlo y la paciencia para ayudarme en cada indecisión.

Por supuesto, a Bodegas Enguera, por confiar en mi para realizar el trabajo en sus cultivos, por la ayuda prestada, y por supuesto, por la motivación y apoyo de Juan Martínez Barberá, técnico de esta bodega.

Quisiera mostrar mi más profundo agradecimiento a los consejos, rectificaciones y observaciones de Miguel Ángel Monsalve del Centro de Recuperación de Fauna del Saler (Generalitat Valenciana) y su buen hacer para iniciarme en el estudio de los murciélagos.

También mostrar un especial agradecimiento al Dr. Ximo Baixeras (Universitat de València) por las confirmaciones e indicaciones en la identificación y colección de macrolepidópteros.

No olvidarme de mencionar a mi querida amiga Ana García Picazo, pues su experiencia y ayuda desinteresada en la elaboración de mapas con softwares libres fue esencial, muchas gracias.

Por último, recordar las dos personas a las cuales les debo todo lo que he conseguido, a mis padres, por soportarme y estar siempre en los momentos más difíciles, lo cual no es nada fácil. Y por supuesto, reconocer su dedicación y gran esfuerzo trabajando duramente para poder financiarme todos estos años de estudio universitario.

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	21
MATERIALES Y MÉTODOS	25
1. Descripción de la zona de estudio.....	27
2. Características generales del paisaje local.	28
3. Periodo y método de muestreo.....	29
4. Identificación de especies de murciélagos.....	30
5. Identificación de especies de lepidópteros.....	35
6. Método estadístico.	37
RESULTADOS	39
1. Diversidad y actividad de murciélagos.....	41
2. Abundancia y diversidad de lepidópteros.....	47
3. Relación de la actividad de los murciélagos con la abundancia de polillas.....	53
4. Discusión.	54
4.1. Actividad de los murciélagos.....	54
4.2. Abundancia de polillas.....	56
4.3. Relación de la actividad de los murciélagos con la abundancia de polillas.....	57
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronología de los censos de quirópteros y lepidópteros, periodo y hora de la puesta del sol en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Datos extraídos de: www.tutiempo.net	30
Tabla 2: Descripción de los 20 puntos de escucha de los murciélagos en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins. Coordenadas extraídas del Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit. (*En este punto hubo una confusión en la posición del punto durante el trabajo de campo debido a las prácticas agrícolas que realizaron en el campo en el momento del estudio, ya que debería haberse realizado en un cultivo de tipo convencional).	31
Tabla 3: Definición de los parámetros utilizados para el análisis de las grabaciones mediante el software Kaleidoscope. Extraído de Dietz y Kiefer 2017.....	32

Tabla 4: Número de pases de actividad emitidos por las distintas especies detectadas en los cultivos convencionales y ecológicos y el valor total para cada cultivo y para cada especie de murciélago.	41
Tabla 5: Número de zumbidos de alimentación emitidos por las distintas especies detectadas en los cultivos convencionales y ecológicos y el valor total para cada cultivo y para cada especie.	41
Tabla 6: Valores de F y p del análisis ANOVA de pases de actividad (Pases) y zumbidos de alimentación (Zumbidos) del cultivo ecológico y convencional por periodo. gdl: grados de libertad.	43
Tabla 7: Abundancia de las familias y especies de macrolepidópteros identificados.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la Comunidad Valenciana (extraído del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana TerraSit) y del área de estudio en Fontanars dels Alforins (elaborado con el programa QGIS 2.18 a partir de la ortofoto 0820 del Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit).	27
Figura 2: Mapa de la zona de estudio. Los 20 puntos de escucha de murciélagos y los 4 puntos de trapeo de lepidópteros estudiados en cultivos de vid (ecológicos y convencional) en Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Puntos de muestreo y cultivos elaborados con el programa QGIS 2.18 a partir de la ortofoto 0820 del Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit.	28
Figura 3: Cultivos de vid de a) parcelas ecológicas Casa Corones (5/abril/2018), b) parcelas ecológicas Casa Corones (21/junio/2018), c) parcelas convencionales Casa Peralta (21/junio/2018) d) la masa forestal al norte 29/junio/2018), e) Construcción de la Casa Lluch (29/junio/ 2018) y f) la caja nido con 1 individuo del género <i>Pipistrellus</i> (5/abril/ 2018) situada en la zona forestas con cajas nido. Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Fuente: Paulino Peiró y elaboración propia.	29
Figura 4: Zumbido de alimentación de <i>P.pygmaeus</i> registrado en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia) el 15 de abril de 2018 (Punto 10). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.	32
Figura 5: Pulsos de navegación registrados en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia). a) <i>P.pipistrellus</i> (5 de abril de 2018, punto 15) b) <i>P.pygmaeus</i> (15 de abril de 2018, punto 10) c) <i>P.kuhlui</i> (1 de abril de 2018, punto 19) y d) <i>Eptesicus sp.</i> (5 de abril de 2018, punto 8) e) <i>Myotis sp.</i> (21 de junio de 2018, punto 11) f) <i>Tadarida tenotis</i> (12 de junio de 2018, punto 1) y g) <i>Hypsugo savii</i> (1 de junio de 2018, punto 14B). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.	33
Figura 6: Llamadas sociales registradas en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia). a) <i>P. pygmaeus</i> (15 de abril de 2018, punto 10), b) <i>P.pipistrellus</i> (15 de abril de 2018, punto 10) y c) <i>P. kuhlui</i> (1 de abril de 2018, punto 19). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.	34
Figura 7: Imagen de la Trampa luz 1 dispuesta en la parcela de Casa Corones (21/junio/2018) en Fontanars del Alforins.	35
Figura 8: Caja entomológica de las 61 especies y 9 géneros identificados de macrolepidópteros de las 4 trampas luz situadas en Fontanars dels Alforins.	36
Figura 9: Abundancia total media de los pases de actividad en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.	42
Figura 10: Abundancia media total de los zumbidos de alimentación en cultivos ecológicos y convencionales. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	42

Figura 11: Abundancia media del número de pases de actividad en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	43
Figura 12: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	44
Figura 13: Abundancia media total de los pases de actividad de <i>P. pygmaeus</i> en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.	44
Figura 14: Abundancia media total de los zumbidos de alimentación de <i>P. pygmaeus</i> en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.	45
Figura 15: Abundancia media del número de pases de actividad de <i>P. pygmaeus</i> en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	45
Figura 16: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación de <i>P. pygmaeus</i> en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	46
Figura 17: Abundancia media total de los pases de actividad y zumbidos de alimentación de <i>P. kuhlii</i> en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.	46
Figura 18: Abundancia media del número de pases de actividad de <i>P. kuhlii</i> en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	46
Figura 19: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación de <i>P. kuhlii</i> en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.	47
Figura 20: a) Abundancia total de polillas capturadas en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque y b) abundancia total de microlepidópteros y macrolepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins.	49
Figura 21: Abundancia de polillas capturadas en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.	49
Figura 22: Abundancia de microlepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.	49
Figura 23: Abundancia de macrolepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.	50
Figura 24: Porcentajes de los 856 macrolepidópteros clasificados en 7 familias distintas.	50
Figura 25: Abundancia total de las 3 familias de macrolepidópteros más abundantes (Noctuidae, Arctiidae y Geometridae) capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins.	51
Figura 26: Abundancias de las 3 familias más abundantes (Noctuidae, Arctiidae y Geometridae) capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodos.	51
Figura 27: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de macrolepidópteros del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.	52

Figura 28: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.	52
Figura 29: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de las tres familias más comunes (Arctiidae, Geometridae y Noctuidae) del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.	53
Figura 30: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de las tres familias más comunes (Arctiidae, Geometridae y Noctuidae) por periodo del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.	53

INTRODUCCIÓN

La agricultura ecológica está asociada a niveles más altos de abundancia y de riqueza de una amplia gama de taxones, desde las aves y los mamíferos, a los invertebrados y la flora cultivable (Mader et al. 2002, Bengtsson et al. 2005, Fuller et al. 2005, Hole et al. 2005). Concretamente, la prohibición o reducción de pesticidas químicos y fertilizantes inorgánicos, característico de la agricultura ecológica, es particularmente beneficiosa para la vida silvestre (Fuller et al. 2005, Hole et al. 2005). Pero los efectos positivos de este tipo de agricultura sobre la riqueza de especies solo se presentan en paisajes homogéneos con cultivos intensivos y no en paisajes heterogéneos con cultivos intensivos (Mader et al. 2002, Rundlöf y Smith 2006, Fuentes-Montemayor et al. 2011b).

Se ha estimado que el 16% de las 1150 especies de murciélagos del mundo están bajo amenaza de extinción, y las principales fuerzas motrices son la pérdida de hábitats de descanso y alimentación (Mickleburgh et al. 2002, Lista Roja de Mamíferos de la UICN 2008), principalmente por la intensificación agrícola y la urbanización (Russo y Ancillotto 2015). Las prácticas agrícolas intensivas que aplican sustancias como pesticidas químicos para el control de las plagas agrícolas producen un impacto negativo sobre las poblaciones de murciélagos (Park 2015). En cambio, existe evidencia empírica de que los murciélagos se benefician de la agricultura ecológica: estos sistemas tienden a asociarse a un aumento significativo de la riqueza de especies, así como de la actividad de pases y de forrajeo de murciélagos (Wickramasinghe et al. 2003, Park 2015, Baroja et al. 2016, Roeleke et al. 2016).

Los paisajes agrícolas han pasado por un proceso de homogeneización, impulsado por la intensificación del uso de la tierra, que ha llevado a una disminución de la biodiversidad de murciélagos y a una degradación de los servicios ecosistémicos producidos por ellos (por ejemplo, en el control biológico de plagas) (Kalda et al. 2015). La intensificación agrícola ha sido un factor relevante en la reducción del número de componentes clave de la dieta de los murciélagos y esta reducción ha llevado a una disminución de la actividad de murciélagos en granjas convencionales (Wickramasinghe et al. 2004), mientras que la heterogeneidad del paisaje local puede ayudar a conservar la biodiversidad de estos (Fuentes-Montemayor et al. 2011b, Kelly et al. 2016) y servir como control natural de plagas potenciales de insectos en los cultivos de vid (Kelly et al. 2016).

El orden de los quirópteros está representado en la península ibérica por 28 especies diferentes (Palomo et al. 2007). En la Comunidad Valenciana existen 22 especies de murciélagos insectívoros de cinco familias distintas (Jiménez et al. 2012), estando buena parte de ellas bajo alguna categoría de amenaza, debido a lo susceptible o poco conocido de sus estados poblacionales (Machado 2017). La familia *Miniopteridae* está representada por el murciélago de cueva (*Miniopterus schreibersii* Kuhl, 1817) y la familia *Molossidae* está representada por el murciélago rabudo (*Tadarida teniotis* Rafinesque, 1814), mientras que la familia *Rhinolophidae* está representada por cuatro especies del género *Rhinolophus*. Por último, la familia *Vespertilionidae* está representada por dieciséis especies: seis murciélagos

ratoneros (género *Myotis*), tres murciélagos enanos (género *Pipistrellus*), un nóctulo (*Nyctalus leisleri* Kuhl, 1817), dos murciélagos orejudos (género *Plecotus*), un murciélago de montaña (*Hypsugo savii* (Bonaparte, 1837)), dos murciélagos hortelanos (*Eptesicus serotinus/isabellinus*) y un murciélago de bosque (*Barbastella barbastellus* Screeber, 1774) (Jiménez et al. 2012).

La tesis de Machado (2017) plantea como la poca discriminación en la obtención del alimento permite a los murciélagos insectívoros cambiar los componentes de su dieta en función de la disponibilidad de presas (Best et al. 1997), lo que sugiere que la gran mayoría de los murciélagos insectívoros pudieran ser básicamente oportunistas, siendo sus dietas en gran medida reflejo directo de variaciones estacionales en la composición y abundancia de insectos (Kunz 1974). Los lepidópteros, y en particular las polillas, aunque en distinta proporción, entran dentro de la dieta de la mayoría de los murciélagos insectívoros (Vaughan 1997, Wicramasinghe et al. 2004, Jiménez et al. 2012, Puig- Monserrat et al. 2015, Dietz y Kiefer 2017, Machado 2017). Por tanto, la hipótesis sugiere que la actividad de los murciélagos insectívoros se correlaciona significativamente con la abundancia de este orden (Wickramasinghe et al. 2004, Puig-Monserrat et al. 2015).

Las mariposas, falenes y polillas, dentro del reino animal, forman parte de la clase insectos (Insecta) y conforman el orden lepidópteros (Lepidoptera), dividido en cuatro subórdenes (Zeugloptera, Aglossata, Heterobathmiina y Glossata) (Redondo et al. 2010). Comúnmente, pero arbitrariamente, se las divide en macrolepidópteros (un grupo de familias de polillas que contienen principalmente especies grandes, más todas las familias de mariposas) y microlepidópteros (un grupo de familias de polillas que comprenden especies más pequeñas) (Fuentes-Montemayor et al. 2011a). El suborden Glossata comprende todas las familias de macrolepidópteros (Hepialidae, Heterogynidae, Zygaenidae, Somabrachyidae, Thyrididae, Castniidae, Cossidae, Limacoidae, Hesperidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Geometridae, Axiidae, Drepanidae, Lasiocampidae, Bombycidae, Endromidae, Saturniidae, Lemoniidae, Sphingidae, Notodontidae, Lymantriidae, Arctiidae y Noctuidae) de las especies que encontramos en la península ibérica (Redondo et al. 2010). En la península ibérica se han descrito unas 4500 especies de macrolepidópteros (García-Barros et al. 2015).

La abundancia de insectos, junto con la riqueza y la diversidad de especies de polillas son significativamente mayores en los pastos y cultivos ecológicos respecto a los convencionales, ya que la intensificación agrícola tiene un profundo impacto sobre las comunidades de insectos nocturnos (Wickramasinghe et al. 2004, Rundlöf y Smith 2006, Fuentes-Montemayor et al. 2011a, MacDonald et al. 2012). La agricultura ecológica solo aumentó significativamente la riqueza y abundancia de especies de mariposas en paisajes homogéneos (Rundlöf y Smith 2006). En contraposición, algunos autores no observaron un efecto de la intensificación agrícola sobre la abundancia y diversidad de polillas (Davy et al. 2007, Pocock y Jennings 2008).

Las polillas del racimo (*Eupoecilia ambiguella*, *Cryptoblabes gnidella*, *Argyrotaenia pilchellana*, *Clepsis spectrana*, etc) y en particular la especie *Lobesia botrana* (Den. Y Shiff.), se clasifican como plaga grave en todas las regiones vitícolas de Europa y de la península ibérica (Ortega-López et al. 2014). Además, es considerada como una plaga importante en la costa mediterránea, ya que su gravedad está muy ligada a las condiciones climáticas (Ramón 1998). Las poblaciones se mantienen por debajo del límite de daños gracias al método de la confusión sexual, aunque existen elevados costes asociados a este tratamiento (Instituto de Viticultura Mediterránea 2014). También existen otros lepidópteros plaga en cultivos de vid, como son el piral (*Sparganothis pilleriana* Schiff), la oruga peluda (*Ocnogyba baetica* Ramb) y los gusanos grises (Familia Noctuidae: géneros *Agrotis*, *Autographa*, *Eugnorisma*, *Mythimna*, *Noctua*) (Ramón 1998).

Muchos autores han demostrado la importancia de los murciélagos para controlar las plagas de insectos (Kunz et al. 2011, Ghanem y Voigt 2012, Mc Cracken et al. 2012). Incluso se ha llegado a demostrar un aumento sustancial del rendimiento de los cultivos debido a la depredación de murciélagos sobre las plagas de insectos (Maas et al. 2013). En la península ibérica, el estudio realizado en cultivos de arroz del delta del Ebro demuestra la capacidad del murciélago de cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*) para controlar la polilla del barrenador del arroz (*Chilo supressalis*) (Puig- Monserrat et al. 2015).

Según los datos recogidos por el ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (2016, 2017) los cultivos de vid (*Vitis vinífera*) ocupan una extensión aproximada de 957. 573 hectáreas en el territorio español y actualmente se encuentra en expansión. El 11,1% (106.290 hectáreas) del total de la superficie corresponde a la superficie de viñedos ecológicos. Las normas de la agricultura ecológica prohíben el uso de agroquímicos e incluyen recomendaciones para el manejo de áreas que no son de cultivo, como bosques y hábitats ribereños. Por lo tanto, la comparación entre cultivos ecológicos y convencionales es un sistema modelo ideal para investigar el impacto de la intensificación agrícola en la biodiversidad.

Las prácticas agrícolas convencionales han provocado impactos severos sobre la conservación de la biodiversidad, por lo que resulta clave la demostración empírica de los beneficios recíprocos de la biodiversidad sobre la agricultura (ecológica) y de la agricultura ecológica sobre la biodiversidad. Concretamente, el control natural de plagas de insectos puede generar una reducción en los elevados costes de los tratamientos. Promover la biodiversidad en paisajes agrícolas tiene el potencial de beneficiar a la conservación de murciélagos y a los cultivadores por igual (Cruz et al. 2013, Solari et al. 2013). Además, la agricultura ecológica puede promover la conectividad entre sistemas forestales (Hilty y Merenlender 2004).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio es determinar el uso del hábitat de los murciélagos en cultivos de vid de tipo ecológico y convencional. Para ello se han intentado alcanzar los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las especies de murciélagos que usan los cultivos convencionales y ecológicos y comparar la actividad que se produce en cada uno de ellos.
2. Determinar la abundancia, riqueza y diversidad de polillas en el cultivo convencional, en el ecológico y en un hábitat natural.
3. Comparar los valores de abundancia, riqueza y diversidad de polillas con la actividad de forrajeo de los murciélagos en cada tipo de cultivo.

La hipótesis principal del estudio sugiere que en los cultivos de vid de tipo ecológico se detectará más riqueza y actividad de murciélagos y mayor diversidad y abundancia de lepidópteros respecto a los cultivos de tipo convencional. Si las polillas son parte de la dieta de ciertas especies de murciélagos insectívoros, se plantea la posibilidad de existir una correlación entre los picos de actividad de las polillas con la actividad de forrajeo de los murciélagos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Descripción de la zona de estudio.

El estudio se ha realizado durante el 2018 en cultivos de vid (*Vitis vinifera*) del este de la península ibérica, en el interior de la Comunidad Valenciana (Figura 1). Se trata de una región interior montañosa (altitud 640 m). La temperatura media anual es de 12,4° C y la precipitación media anual de 568 mm, característico del clima mediterráneo semiárido (Atlas climático de la Península ibérica y Baleares 2017). Los puntos de muestreo se distribuyeron en siete parcelas de vid incluidas en la Zona de Especial Protección para las Aves “Els Alforins” (código: ES0000455) perteneciente a la localidad de Fontanars dels Alforins.

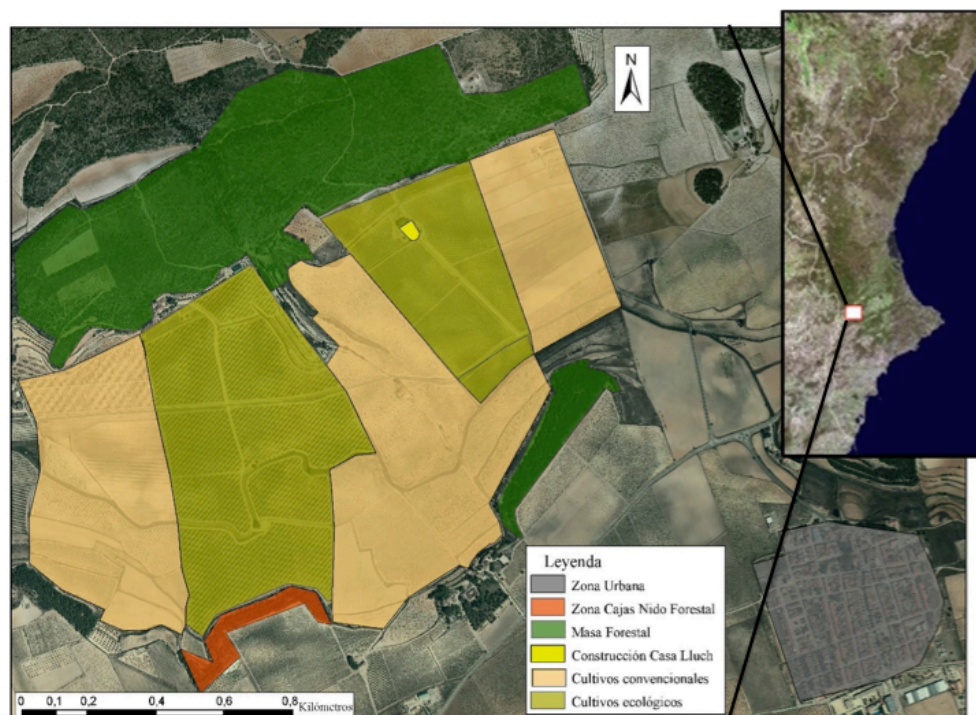


Figura 1: Mapa de la Comunidad Valenciana (extraído del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana TerraSit) y del área de estudio en Fontanars dels Alforins (elaborado con el programa QGIS 2.18 a partir de la ortofoto 0820 del Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana TerraSit).

En la zona de estudio se ha diferenciado entre dos tipos de cultivos de Vid. Las parcelas de las fincas de casa Lluch y casa Corones que aparecen en verde claro (Figura 2) son cultivos que se les ha asignado cultivos de tipo ecológico (superficie: 65 Ha). Las parcelas que aparecen alrededor y entre las fincas ecológicas se les ha asignado cultivos de tipo convencional (superficie: 71 Ha).

En los cultivos de vid de tipo ecológico se encuentran variedades como la monastrell, la verdil y la marselan (Figura 3a y 3b). El viñedo está diseñado siguiendo una arquitectura vitícola de doble cordón en espaldera. Ambas fincas fueron inicialmente cultivadas mediante agricultura convencional y tras la reconversión en 2007, recibieron la certificación de cultivo ecológico (Barberá 2016). En cambio, los cultivos de tipo convencional continúan con un diseño de arquitectura vitícola en forma de vaso y aplican métodos agrícolas convencionales (Figura 3c). Los cultivos de la zona de estudio limitan al norte y al sur con masas forestales con

vegetación propia del clima mediterráneo (Figura 3d). Existe una pequeña masa forestal con 16 cajas nido (Figura 3f) inicialmente dispuestas y estudiadas por Barberá (2016) y actualmente se estima una ocupación mayor del 50% (comunicación personal: Paulino Peiró). También existe una construcción en la finca de Casa Lluch (Figura 3e) en la que se encontraron indicios de estar ocupada por especies del género *Rhinolophus* y *Myotis* (Barberá 2016).

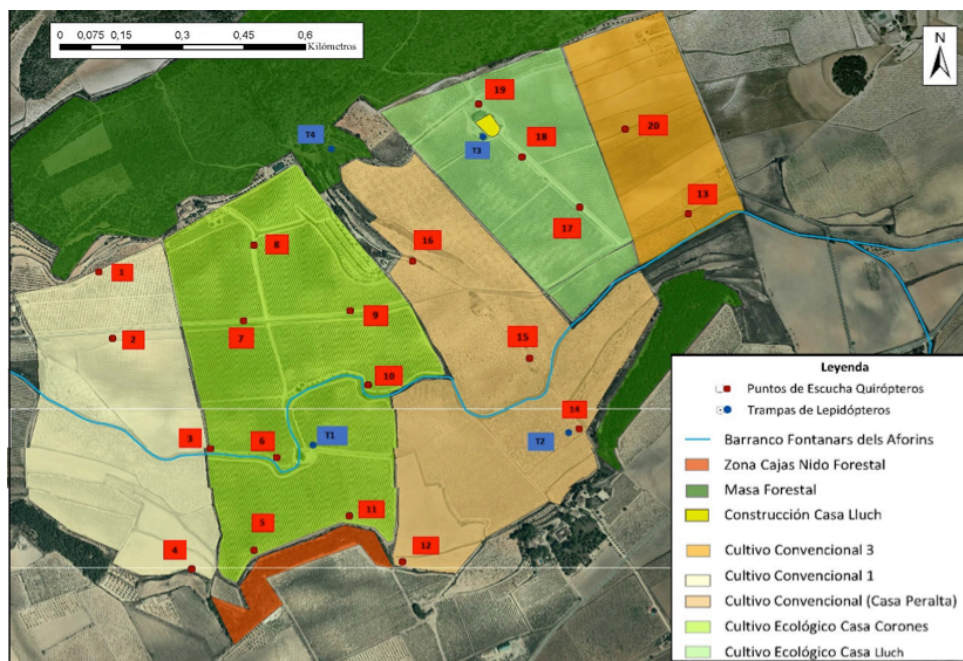


Figura 2: Mapa de la zona de estudio. Los 20 puntos de escucha de murciélagos y los 4 puntos de trampeo de lepidópteros estudiados en cultivos de vid (ecológicos y convencional) en Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Puntos de muestreo y cultivos elaborados con el programa QGIS 2.18 a partir de la ortofoto 0820 del Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit.

2. Características generales del paisaje local.

El paisaje característico del valle está constituido por pequeñas parcelas en las que alternan cultivos de cereal, vid y frutales, separados por setos y márgenes naturales e incluso pequeños pinares sobre arenales interiores. El cultivo predominante es el de vid, siendo estos el tipo de cultivo donde se realiza el estudio. El paisaje mediterráneo está dominado por las especies de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pinaster (*Pinus pinaster*), con algunos árboles aislados de encinas (*Quercus ilex*) y pino piñonero (*Pinus pinea*). También dominan algunas especies de arbustos de coscoja (*Quercus coccifera*) y el lentisco (*Pistacia lentiscus*) junto aromáticas como el romero (*Rosmarinus officinalis*).

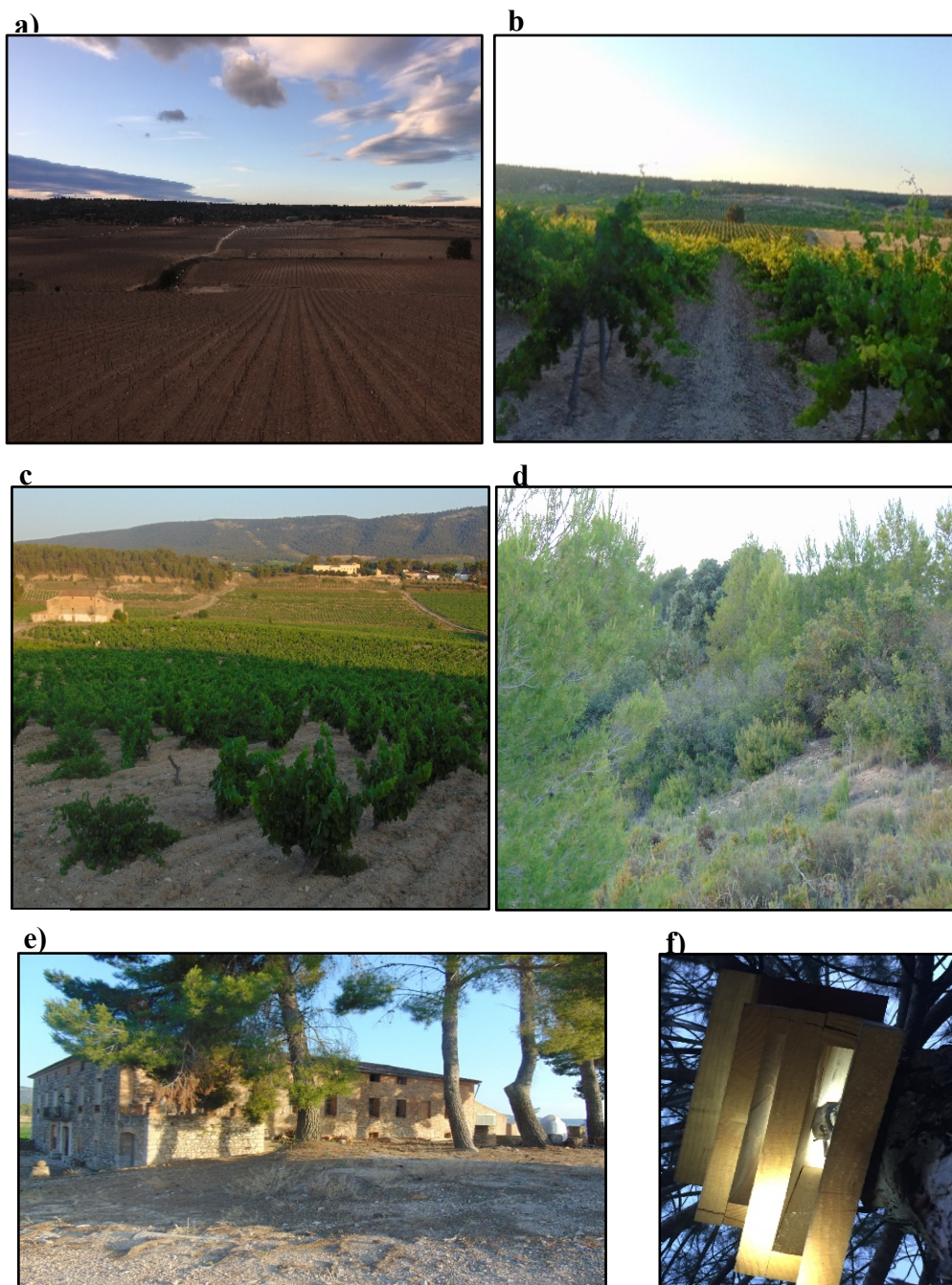


Figura 3: Cultivos de vid de a) parcelas ecológicas Casa Corones (5/abril/2018), b) parcelas ecológicas Casa Corones (21/junio/2018), c) parcelas convencionales Casa Peralta (21/junio/2018) d) la masa forestal al norte 29/junio/2018), e) Construcción de la Casa Lluç (29/junio/ 2018) y f) la caja nido con 1 individuo del género *Pipistrellus* (5/abril/2018) situada en la zona forestal con cajas nido. Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Fuente: Paulino Peiró y elaboración propia.

3. Periodo y método de muestreo.

Para el censo de murciélagos se han realizado veinte puntos de escucha, separados por una distancia entre ellos de más de cien metros para evitar pseudorreplicación (Puig-Montserrat et al. 2015) y para el censo de lepidópteros cuatro puntos de trampeo. Para la detección de los murciélagos en los puntos de escucha se ha realizado una grabación estacionaria con detector de

ultrasonido. El muestreo se inició el día veinte de marzo de 2018 y se repitió el censo cada 7-10 días (Tabla 1).

Tabla 1: Cronología de los censos de quirópteros y lepidópteros, periodo y hora de la puesta del sol en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins, Comunidad Valenciana. Datos extraídos de: www.tutiempo.net.

Censo	Fecha	Periodo	Hora de puesta de sol	Censo	Fecha	Periodo	Hora de puesta de sol
1º	20-mar-18	1	19:13	7º	18-may	2	21:10
2º	1-abr-18	1	20:24	8º	1-jun-18	3	21:21
3º	5-abr-18	1	20:28	9º	12-jun-18	3	21:27
4º	15-abr-18	1	20:38	10º	21-jun-18	3	21:31
5º	23-abr-18	2	20:45	11º	29-jun-18	3	21:32
6º	6-may-18	2	21:00				

En el mes de mayo se alteró esta cadencia debido principalmente a la influencia de las condiciones meteorológicas desfavorables para poder realizarlo (lluvia y viento superior a 20 km/h), ya que afectan negativamente sobre la actividad de los murciélagos (Fenton et al. 1977, Erickson y West 2002, Amorim et al. 2012). Los censos se realizaron por el autor y 2 personas más.

4. Identificación de especies de murciélagos.

Se ha utilizado el detector Song Meter SM4BAT FS y un micrófono ultrasónico SMM-U1, un sistema de grabación autónoma, para detectar y grabar las llamadas de ecolocación de los murciélagos en los veinte puntos de escucha (Tabla 2).

El micrófono se ha dispuesto en el retrovisor del automóvil para estandarizar la altura de escucha y en los puntos no accesibles se situaba aproximadamente a 1 metro de altura. Cada punto de escucha dura cinco minutos y se inician los censos a partir de una hora después de la hora oficial de puesta de sol. El aparato de grabación SM4BAT FS graba automáticamente en una tarjeta extraíble de 32 GB de memoria. Tras el censo se almacenan las grabaciones organizadas por fecha y por el punto de escucha correspondiente.

El análisis de las grabaciones se ha realizado mediante el uso del software Kaleidoscope. Los murciélagos son capaces de orientarse, reconocer objetos, situarse y diferenciar entre estructuras y formas de las superficies interpretando los ecos de las llamadas que emiten. El tiempo que discurre entre la emisión de la llamada y el correspondiente eco les permite medir de forma precisa la distancia a la que se encuentra el objeto (Dietz y Kiefer 2017). La actividad de los murciélagos se ha determinado a partir del número de pases o encuentros con los murciélagos. Los pases de actividad o encuentros se han definido como las veces que la grabadora detecta llamadas de ecolocación emitidas en vuelo por los murciélagos durante los cinco minutos que dura el punto de escucha. Si un murciélago vuela cerca del punto durante el censo, la grabadora detecta los pulsos de ecolocación emitidas durante el vuelo y los registra

como un pase de actividad. Con frecuencia, suelen alejarse, por lo que la grabadora deja de reconocerlos, y al volver a la zona de detección, la grabadora detecta y se registra como un segundo pase de actividad.

Tabla 2: Descripción de los 20 puntos de escucha de los murciélagos en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins. Coordenadas extraídas del Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit. (*En este punto hubo una confusión en la posición del punto durante el trabajo de campo debido a las prácticas agrícolas que realizaron en el campo en el momento del estudio, ya que debería haberse realizado en un cultivo de tipo convencional).

Punto	Coordenadas	Tipo de cultivo de vid	Leyenda Figura 2	Punto	Coordenadas	Tipo de cultivo de vid	Leyenda Figura 2
1	N 38° 47' 22.733	Convencional	Convencional 1	11	N 38° 47' 3.104"	Ecológico	Casa Corones
	W 0° 48' 42.012"				W 0° 48' 16.018"		
2	N 38° 47' 18.459	Convencional	Convencional 1	12	N 38° 46' 57.444"	Convencional	Casa Peralta
	W 0° 48' 41.818"				W 0° 48' 8.254"		
3*	N 38° 47' 8.584"	Ecológico*	Casa Corones	13	N 38° 47' 27.309"	Convencional	Convencional 3
	W 48' 34.75"				W 0° 47' 40.638"		
4	N 38° 46' 58.227"	Convencional	Convencional 1	14	N 38° 47' 7.879"	Convencional	Casa Peralta
	W 0° 48' 32.047"				W 0° 47' 51.318"		
5	N 38° 46' 59.672"	Ecológico	Casa Corones	15	N 38° 47' 15.346"	Convencional	Casa Peralta
	W 0° 48' 26.369"				W 0° 47' 56.842"		
6	N 38° 47' 7.741"	Ecológico	Casa Corones	16	N 38° 47' 23.233"	Convencional	Casa Peralta
	W 0° 48' 21.695"				W 0° 48' 6.691"		
7	N 38° 47' 19.061"	Ecológico	Casa Corones	17	N 38° 47' 134"	Ecológico	Casa Lluch
	W 0° 48' 24.129"				W 0° 47' 52.979"		
8	N 38° 47' 25.323"	Ecológico	Casa Corones	18	N 38° 47' 33.409"	Ecológico	Casa Lluch
	W 0° 48' 24.476"				W 0° 47' 58.271"		
9	N 38° 47' 19.783"	Ecológico	Casa Corones	19	N 38° 47' 36.78"	Ecológico	Casa Lluch
	W 0° 48' 15.168"				W 0° 48' 1.554"		
10	N 38° 47' 13.702"	Ecológico	Casa Corones	20	N 38° 47' 34.372"	Convencional	Convencional 3
	W 0° 48' 12.812"				W 0° 47' 45.988"		

Los murciélagos insectívoros obtienen información precisa de las presas que persiguen mediante las llamadas de ecolocación, las cuales varían en estructura, intensidad y frecuencia, dependiendo de la especie (Fenton 1982, Russo y Jones 2003). Durante un pase de actividad puede haber varios grupos de llamadas de distintas especies. Incluso puede haber varios grupos de llamadas del mismo individuo o de dos o más de la misma especie. Por tanto, si existe dos, tres o incluso cuatro individuos o especies en una misma grabación se contabiliza como dos, tres o cuatro pases de actividad respectivamente.

También pueden detectarse grupos de llamadas de distintos tipos. Cuando emiten pulsos regulares de ecolocación durante el vuelo se denominan pulsos de navegación. Al detectar alguna presa o durante la época de apareamiento o cuando interaccionan con otras especies de murciélagos cambian el tipo de pulsos. En el primer caso, se emiten de forma muy rápida y continua. Cuando esto ocurre, los pulsos aumentan la frecuencia de máxima energía, se hacen más cortos y el intervalo interpulsos se reduce tanto que suena como un zumbido. A esto se le

denomina zumbido de alimentación (Figura 4), los cuales nos sirvieron para conocer las zonas de caza de los murciélagos en los cultivos de vid.

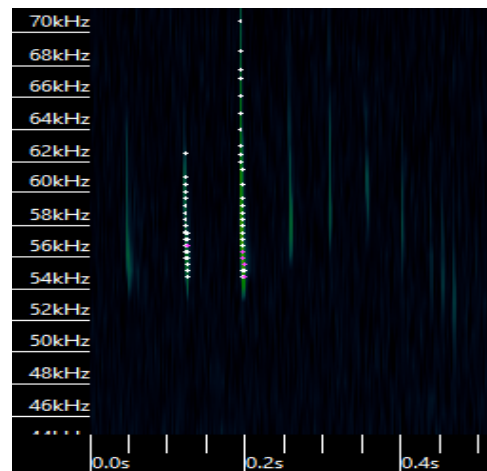


Figura 4: Zumbido de alimentación de *P. pygmaeus* registrado en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia) el 15 de abril de 2018 (Punto 10). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.

En el segundo caso, aparecen pulsos cortos y agrupados denominados llamadas sociales (importantes a la hora de identificar ciertas especies del género *Pipistrellus* descritas a continuación). Existen otros tipos de pulsos de llamadas que se pueden encontrar en el espectrograma, los pulsos armónicos. Estos son un tipo de pulso que es múltiplo de la señal principal. Para comprobar si un pulso es armónico de otro, debemos observar en la ventana de energía que la frecuencia de máxima energía del armónico es múltiplo de la principal (Lisón 2011).

Tabla 3: Definición de los parámetros utilizados para el análisis de las grabaciones mediante el software Kaleidoscope. Extraído de Dietz y Kiefer 2017.

Parámetro	Definición
Estructura de la llamada	Señales existentes de las combinaciones de los tipos de frecuencia pertenecientes cada una a un grupo de murciélagos.
Frecuencia inicial (FI)	Frecuencia al inicio de la señal.
Frecuencia final (Ff)	Frecuencia al término de la señal.
FM (Frecuencia media)	Frecuencia a mitad de la duración de la llamada.
F Max E (Frecuencia máxima energía)	Frecuencia de la máxima intensidad en el gráfico.
Frecuencia máxima	Frecuencia más alta de la señal.
Frecuencia mínima	Frecuencia más baja de la señal.
D (Duración)	Duración del pulso en el oscilograma.
IPi (Intervalo interpulsos)	Duración entre el inicio de un pulso y el inicio del pulso siguiente (milisegundos).

Es importante elegir al menos cinco pulsos de llamadas (sobre todo de navegación para la identificación) representados adecuadamente en el espectrograma. Los zumbidos de alimentación son importantes ya que marcan las zonas de alimentación de los murciélagos. De este modo, se ha cuantificado la actividad de forrajeo como el número de zumbidos de alimentación registrados. Los parámetros importantes para la identificación (Tabla 3) son: la

estructura de la llamada, la frecuencia inicial y final, la frecuencia media, la frecuencia máxima de energía, la duración y el intervalo interpulsos (Russo y Jones 2002).

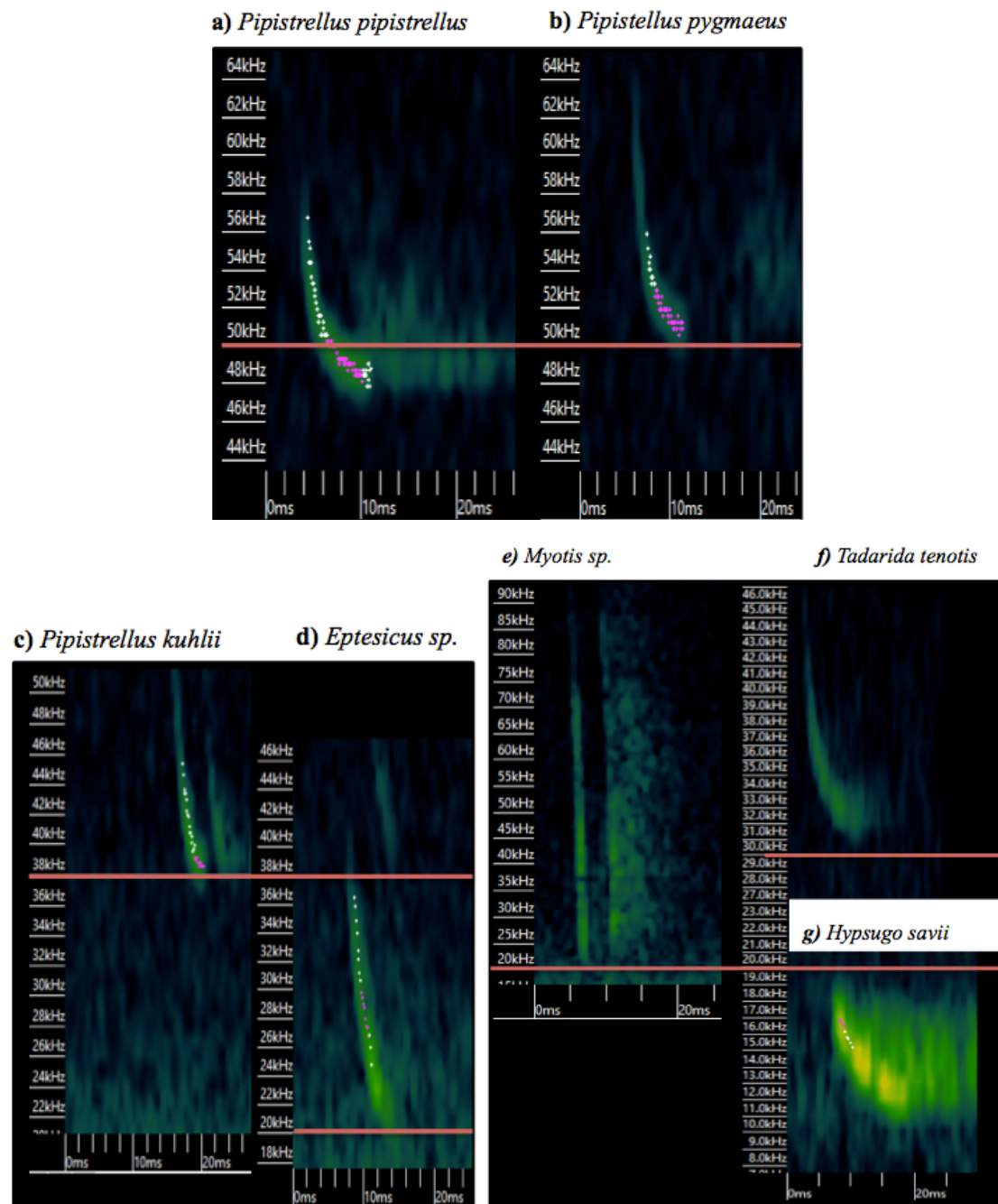


Figura 5: Pulsos de navegación registrados en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia). a) *P. pipistrellus* (5 de abril de 2018, punto 15) b) *P. pygmaeus* (15 de abril de 2018, punto 10) c) *P. kuhlii* (1 de abril de 2018, punto 19) y d) *Eptesicus sp.* (5 de abril de 2018, punto 8) e) *Myotis sp.* (21 de junio de 2018, punto 11) f) *Tadarida tenotis* (12 de junio de 2018, punto 1) y g) *Hypsugo savii* (1 de junio de 2018, punto 14B). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.

La estructura de la llamada y la frecuencia son parámetros decisivos para la identificación de las especies de murciélagos en el análisis del espectrograma de los pulsos ultrasónicos de ecolocación. La frecuencia modulada (FM) se emplea para los pulsos con una frecuencia que varía de forma muy rápida en el tiempo. La frecuencia constante (CF) se aplica para los pulsos

que, durante el transcurso del tiempo, la frecuencia permanece igual. La frecuencia casi constante (QCF) se utiliza en los pulsos de ecolocación que solo varía mínimamente a lo largo del transcurso del tiempo, descendiendo o subiendo ligeramente. A partir de estos tipos de frecuencias en los pulsos de ecolocación, podemos encontrar las siguientes combinaciones, las cuales pertenecen cada una a un grupo de murciélagos: a) señales de FM-CF-FM pertenecientes a las cinco especies europeas de rinolofos, b) señales de tipo FM producidas por las especies del género *Myotis* (Fig. 5e); c) señales de FM con armónicos claros de las especies del género *Plecotus*; d) señales de tipo FM-QCF y QCF emitidas por las especies de los géneros *Pipistrellus*: *P. pipistrellus* (Ff: 48kHz Fig. 5a), *P. pygmaeus* (Ff: 50kHz, Fig. 5b) y *P. kuhlii* (Ff: 37kHz, Fig. 5c). Del género *Eptesicus* (Ff: 21kHz, Fig. 5d), *Nyctalus* y *Miniopterus* y por las especies *T. teniotis* (Ff: 31kHz, Fig. 5f) y *H. savii* (Ff: 11Khz, Fig. 5g).

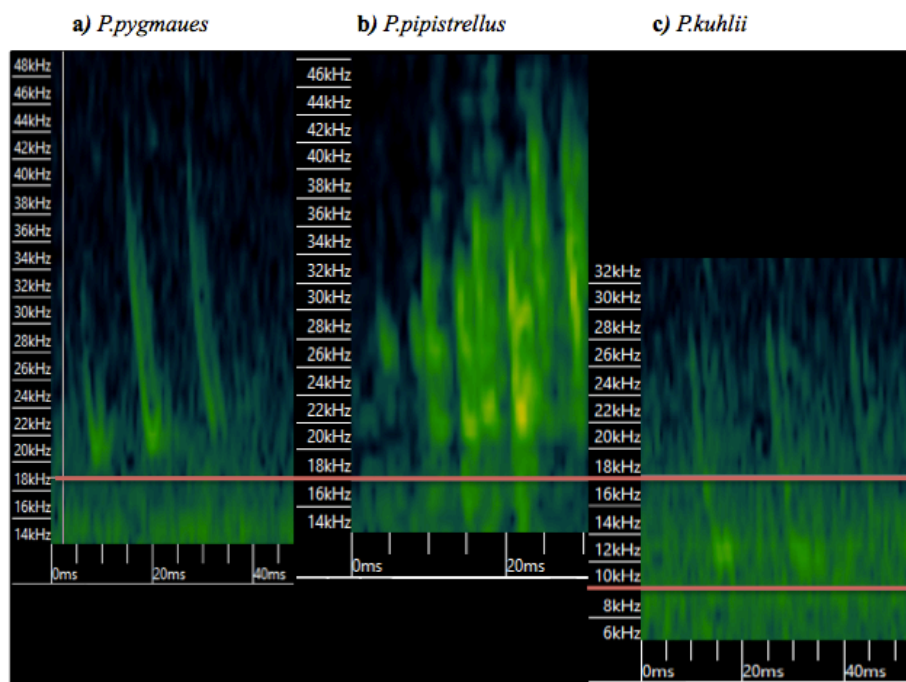


Figura 6: Llamadas sociales registradas en los cultivos de vid de Fontanars dels Alforins (Valencia). a) *P. pygmaeus* (15 de abril de 2018, punto 10), b) *P. pipistrellus* (15 de abril de 2018, punto 10) y c) *P. kuhlii* (1 de abril de 2018, punto 19). Imágenes analizadas y extraídas del espectrograma del software Kaleidoscope. Elaboración propia.

D e IPI (ms) se midieron a partir de oscilogramas, FMaxE (kHz) de los espectros de potencia, y todos los demás parámetros espectrales (kHz) de espectrogramas. En este estudio se medirán todos los parámetros a partir del pulso principal, teniendo en cuenta que en el artículo de referencia para la especie *Plecotus* sp. la FMax (kHz) se ha medido a partir del primer armónico del pulso principal y para el género *Rinolophidae* a partir del segundo armónico.

El software Kaleidoscope genera automáticamente los valores de los parámetros, pero se han calculado de forma manual para tener más precisión en los distintos valores. Así pues, se ha comparado los valores de los parámetros entre ambos (manual y automático) y se ha discutido la

identificación de los pulsos de ecolocación de las distintas especies registradas a partir de los valores de los parámetros de referencia (Vaughan et al. 1997b, Russo y Jones 2002).

Cuando se registraron llamadas sociales del género *Pipistrellus*, se aplicó para la identificación ya que su estructura es diagnóstica (Barlow y Jones 1997, Russo y Jones 1999). Las llamadas sociales (Figura 6c) de la especie *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817) emite una Ff de media de 11KHz, y suele hacer 3 pulsos (Russo y Jones 1999). La especie *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) emite una Ff de media de 15 KHz (Figura 6b) y suele emitir 4 pulsos (Barlow y Jones 1997, Russo y Jones 2000). La especie *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825) emite una Ff de media de 18Khz (Figura 6a) y suele emitir 3 pulsos (Barlow y Jones 1997, Russo y Jones 2000).

5. Identificación de especies de lepidópteros.

Los lepidópteros son insectos holometábolos típicos, que atraviesan las fases de huevo, larva, pupa y adulto (García-Barros et al. 2015). Se ha utilizado la técnica de captura mediante trampas luz para atrapar adultos de lepidópteros. Las trampas de luz son el método más efectivo y ampliamente utilizado para recopilar datos sobre las comunidades de polillas porque las polillas son un buen indicador de la calidad del hábitat y de la fragmentación, ya que rara vez son atraídas por hábitats distantes a tales trampas de luz (Truxa y Fiedler 2012).



Figura 7: Imagen de la Trampa luz 1 dispuesta en la parcela de Casa Corones (21/junio/2018) en Fontanars del Alforins.

Para estandarizar la recolección de muestras, las trampas luz se encienden a la hora oficial de la puesta de sol y se recogen los individuos atrapados la mañana siguiente, dos horas aproximadamente después de la hora oficial de la salida del sol. Tres de las cuatro trampas (T1 en Casa Corones, N 38° 47' 8.932'' O 0° 48' 19.438; T2 en Casa Peralta, N 38° 47' 9.857'' O 0° 47' 52.337'' y T3 en Casa Lluch N 38° 47' 34.273 O 0° 48' 0.622'') se sitúan en los cultivos de vid, y una (T4, N 38° 47' 33.336'' O 0° 48' 17.391'') en un ambiente con vegetación forestal descrita en el apartado "Paisaje local". Las trampas luz T1 y T3 se sitúan en cultivos de vid de tipo ecológico, mientras que la T2 en cultivos de vid de tipo convencional.

Las trampas luz se componen de un cubo de diez litros, un embudo y un sistema de iluminación (Figura 7). El embudo se dispone encima del cubo, cubriendo la obertura superficial dejando un hueco más reducido (el centro del embudo). El sistema de iluminación se sitúa sobre el embudo y funciona gracias a la energía de la batería (12V) la cual está conectada a un transformador y este a una bombilla halógena (6W) pegada a tres cristales rectangulares, con el fin de que los insectos sean atraídos y colisionen contra el cristal, cayendo sobre el embudo, sobre el que se deslizan y quedan atrapadas en el cubo. Dentro del cubo se disponen calcetines con carbonato de amonio con el fin de matar los insectos. Las muestras se recogen, se sellan en recipientes herméticos y se transportaron al laboratorio. Las capturas se mantuvieron congeladas para su posterior identificación y luego se preservaron en alcohol al 70%, almacenadas debidamente etiquetadas con la fecha y el número de la trampa luz.



Figura 8: Caja entomológica de las 61 especies y 9 géneros identificados de macrolepidópteros de las 4 trampas luz situadas en Fontanars dels Alforins.

Los macrolepidópteros adultos se identifican con facilidad por la presencia de dos pares de alas membranosas cubiertas de escamas aplanadas. Las alas representan la mayor superficie visible, y con frecuencia muestran los dibujos o combinaciones de colores característicos que ayudan al reconocimiento específico (García-Barros et al. 2015). Para identificar los ejemplares de macrolepidópteros se ha usado el Manual ilustrado de las especies diurnas y nocturnas de mariposas de España peninsular (Redondo et al. 2010). Si la identificación no era posible debido a la falta de partes o si había incertidumbre, los insectos se clasificaron como "no identificables" y se excluyeron del análisis de diversidad. Para los microlepidópteros, solo se ha determinado su abundancia, ya que la identificación a nivel de familia y especie resulta muy compleja. Por último, se ha realizado una colección de lepidópteros (Figura 9). El primer ejemplar identificado de cada especie de macrolepidópteros se almacena en la caja entomológica.

6. Método estadístico.

Se ha analizado la varianza del número de pases de actividad y del número de zumbidos de alimentación de murciélago por periodo de todas las especies combinadas, así como de cada una de las dos especies más comúnmente registradas (*P. pygmaeus* y *P. kuhlii*) mediante un análisis ANOVA (Bakieva et al. 2012). Se ha aplicado una prueba t para el análisis de varianza del número de pases de actividad y del número de zumbidos de alimentación de murciélago por tipo de cultivo (ecológico y convencional) de todas las especies combinadas, así como de cada una de las dos especies más comúnmente registradas (*P. pygmaeus* y *P. kuhlii*). Los análisis estadísticos se han realizado con el software IBM SPSS Statistics 23.

Se ha calculado los valores de los índices de diversidad de Shannon- Wiener (H') mediante el software Past 3 para determinar la diversidad de macrolepidópteros en los cultivos y en el hábitat natural.

Por último, se ha realizado un análisis de regresión lineal (Serra et al. 2014) para conocer la relación entre el número de pases de actividad y de zumbidos de alimentación de los murciélagos de todas las especies combinadas, así como de cada una de las dos especies más comúnmente registradas (*P. pygmaeus* y *P. kuhlii*), con la abundancia total de polillas, macrolepidópteros, microlepidópteros y con las 3 familias más comunes.

RESULTADOS

1. Diversidad y actividad de murciélagos.

Se han registrado y analizado en el área de estudio un total de 365 pases de actividad y 91 zumbidos de alimentación de 7 especies diferentes de murciélagos durante aproximadamente 27 horas de censo realizadas en 11 noches. En los puntos de escucha pertenecientes al cultivo de tipo ecológico se han registrado un total de 192 pases de actividad y 52 zumbidos de alimentación, mientras que en los del tipo convencional se han registrado un total de 173 pases de actividad y 39 zumbidos de alimentación. Sin embargo, en este último, se han registrado pases de actividad de una especie más (Tabla 4).

Tabla 4: Número de pases de actividad emitidos por las distintas especies detectadas en los cultivos convencionales y ecológicos y el valor total para cada cultivo y para cada especie de murciélago.

Especie	Cultivo Convencional	Cultivo Ecológico	Total
<i>Eptesicus sp.</i>	3	1	4
<i>Hypsugo savii</i>	3	0	3
<i>Myotis sp.</i>	1	1	2
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	90	87	177
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	9	20	29
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	66	82	148
<i>Tadarida tenotis</i>	1	1	2
Total	173	192	365

La mayoría de los pases de actividad registrados pertenecen a las especies *Pipistrellus kuhlii* (48%), *Pipistrellus pygmaeus* (40%) y *Pipistrellus pipistrellus* (8%). El resto de los pases de actividad registrados (3%) pertenecen a individuos de las especies *Hypsugo savii* y *Tadarida tenotis* y a individuos del género *Eptesicus* y *Myotis*. No ha sido posible diferenciar a nivel específico en estos dos últimos géneros puesto que no existen valores entre parámetros de identificación de ultrasonidos significativamente diferentes entre especies. Por ello, no se puede asegurar la distinción entre especies. La única distinción posible entre especies del género *Myotis* es entre murciélagos ratoneros grande y mediano de las especies de ratoneros pequeños. Las especies identificadas son murciélagos del primer grupo (*M. myotis/blythii*). En cuanto al género *Eptesicus*, las dos especies posibles son *E. serotinus* o *E. isabellinus*.

Tabla 5: Número de zumbidos de alimentación emitidos por las distintas especies detectadas en los cultivos convencionales y ecológicos y el valor total para cada cultivo y para cada especie.

Especie	Cultivo Convencional	Cultivo Ecológico	Total
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	12	5	17
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3	7	10
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	24	39	63
<i>Tadarida tenotis</i>	0	1	1
Total	39	52	91

A excepción de una especie identificada en el cultivo ecológico (*Tadarida tenotis*), los zumbidos de alimentación registrados pertenecen a las especies *Pipistrellus pygmaeus* (69,2%), *Pipistrellus kuhlii* (18,7%) y *Pipistrellus pipistrellus* (11%) (Tabla 5).

No existen diferencias significativas entre la varianza del número de pases de actividad ($t = 0.291$, $gdl = 218$, $p = 0.771$) y de zumbidos de alimentación ($t = -0.149$, $gdl = 218$, $p = 0.882$) de todas las especies identificadas entre cultivos de tipo convencional y ecológico. La media general de pases de actividad en el cultivo convencional es ligeramente superior (Figura 9) mientras que la de zumbidos de alimentación es muy similar (Figura 10).

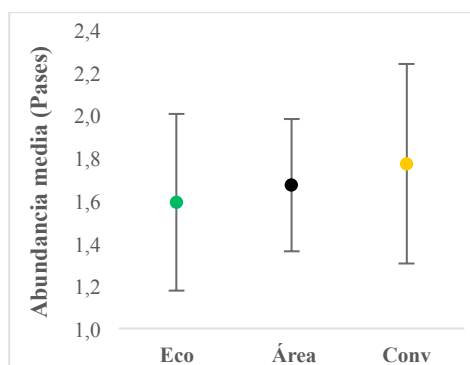


Figura 9: Abundancia total media de los pases de actividad en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.

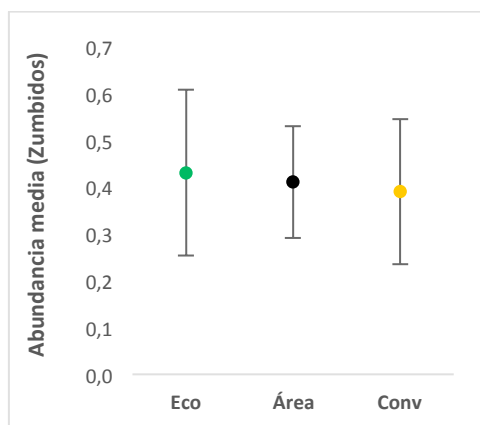


Figura 10: Abundancia media total de los zumbidos de alimentación en cultivos ecológicos y convencionales. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

En cambio, sí que encontramos diferencias significativas tanto de pases de actividad ($F_{2,217} = 4.744$, $p = 0.01$) como de zumbidos de alimentación ($F_{2,217} = 4.163$, $p = 0.017$) entre los tres periodos de estudio. La prueba post-hoc de Tukey mostró diferencias significativas entre el primer y el tercer periodo (pases $p = 0.01$; zumbidos $p = 0.025$).

Al comparar los pases de actividad y los zumbidos de alimentación entre el cultivo ecológico y el cultivo convencional no se encuentran diferencias significativas entre los periodos de estudio (Tabla 6).

Tabla 6: Valores de F y p del análisis ANOVA de pases de actividad (Pases) y zumbidos de alimentación (Zumbidos) del cultivo ecológico y convencional por periodo. gdl: grados de libertad.

Cultivo	Actividad	F	p
Ecológico	<i>Pases</i>	2.742	0.069
	<i>Zumbidos</i>	2.924	0.058
Convencional	<i>Pases</i>	2.466	0.090
	<i>Zumbidos</i>	1.719	0.185
*Ecológico gdl=2, 118			
*Convencional gdl=2, 96			

La tendencia de la abundancia media de pases de actividad del cultivo convencional y en la zona de estudio tiende a aumentar (Figura 11). En cambio, la media del cultivo ecológico en el segundo periodo es menor que en el primero. Además, se ha registrado un mayor número medio de pases en el cultivo convencional en el segundo y tercer periodo.

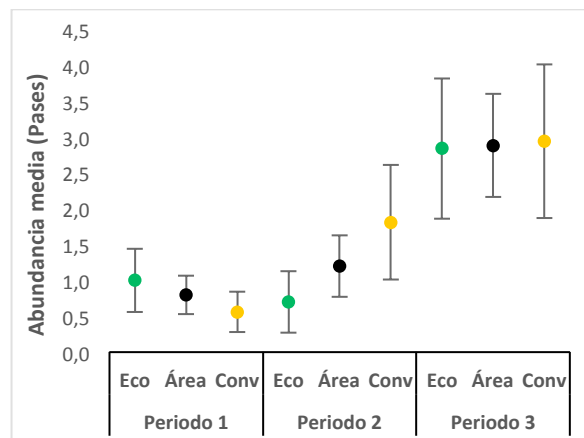


Figura 11: Abundancia media del número de pases de actividad en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

La abundancia media de zumbidos de alimentación en el cultivo convencional sigue la misma tendencia que la abundancia media de pases de actividad (Figura 12). La media del número de zumbidos en el cultivo ecológico también sigue la misma tendencia, aunque en este caso no se han registrado en el segundo periodo. Por ello, la abundancia media de la zona de estudio en los dos primeros periodos es similar. A diferencia de los pases de actividad, la media del número de zumbidos del tercer periodo es superior en el cultivo ecológico.

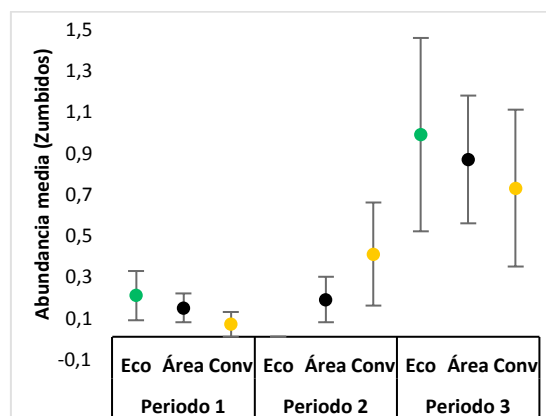


Figura 12: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

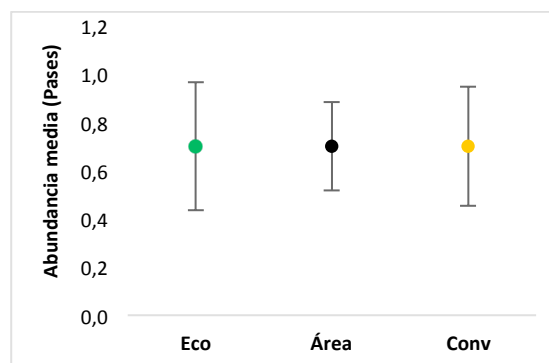


Figura 13: Abundancia media total de los pases de actividad de *P. pygmaeus* en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.

El análisis realizado sobre los datos de la especie *P.pygmaeus* también indica que no existen diferencias significativas entre la varianza del número de pases de actividad ($t = -0.03$, $gdl = 218$, $p = 0.976$; Figura 13) y de zumbidos de alimentación ($t = -0.419$, $gdl = 218$, $p = 0.675$; Figura 14) entre el cultivo ecológico y convencional.

Entre los tres periodos encontramos diferencias significativas para la especie *P. pygmaeus*, tanto en pases de actividad ($F_{2,217} = 3.718$, $p = 0.026$) como en zumbidos de alimentación ($F_{2,217} = 3.482$, $p = 0.032$). El análisis post-hoc también mostró diferencias significativas entre el primer y el tercer periodo (pases $p = 0.043$; zumbidos $p = 0.046$).

La abundancia media de los pases de actividad de *P. pygmaeus* tanto en ambos tipos de cultivo como en la zona de estudio siguen la misma tendencia que la calculada para todas las especies juntas. Sin embargo, para esta especie el número medio de pases del tercer periodo en el cultivo ecológico es ligeramente superior a la del cultivo convencional (Figura 15).

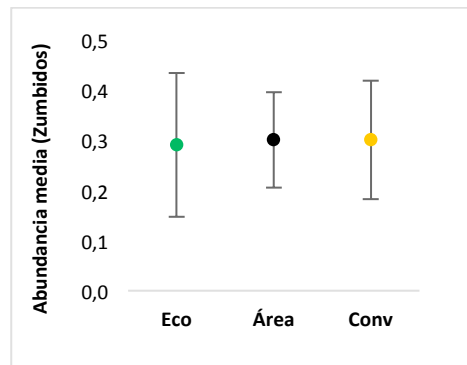


Figura 14: Abundancia media total de los zumbidos de alimentación de *P. pygmaeus* en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.

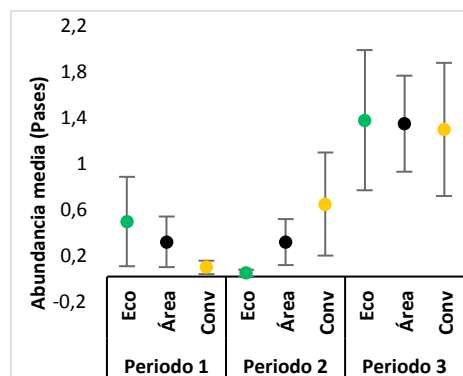


Figura 15: Abundancia media del número de pases de actividad de *P. pygmaeus* en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

La tendencia en el número medio de zumbidos de alimentación de la especie *P. pygmaeus* es similar a la de todas las especies juntas, pero no se han registrado zumbidos en el cultivo convencional durante el primer periodo (Figura 16).

La abundancia media de pases de actividad y de zumbidos de alimentación de la especie con más pases registrados (*P. kuhlii*) es ligeramente superior en el cultivo convencional (Figura 17).

Entre los tres periodos no encontramos diferencias significativas de la especie con más pases de actividad registrados (*P. kuhlii*) en la media de pases ($F_{2,217} = 2.160$, $p = 0.501$; Figura 19) y de zumbidos de alimentación ($F_{2,217} = 3.91$, $p = 0.33$). La tendencia del número medio de pases de actividad por periodo sigue el mismo patrón general que el dado para todas las especies juntas en ambos cultivos y en el área de estudio.

A diferencia de la anterior especie, la abundancia media de los pases de actividad en el cultivo ecológico durante el primer y segundo periodo son constantes.

El número medio de zumbidos de alimentación por periodo de *P. kuhlii* sigue la misma tendencia que para la especie anterior, aunque los valores son mucho menores (Figura 19).

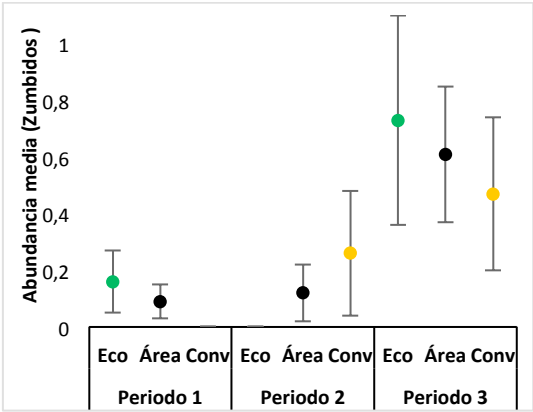


Figura 16: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación de *P. pygmaeus* en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

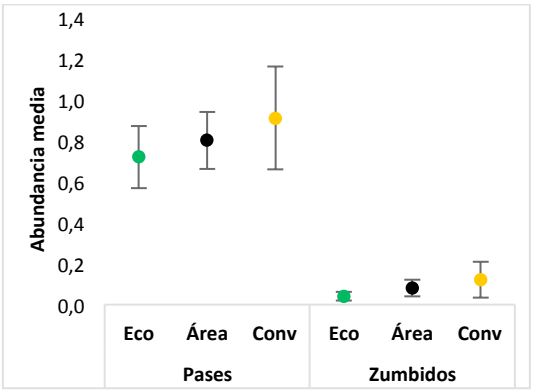


Figura 17: Abundancia media total de los pases de actividad y zumbidos de alimentación de *P. kuhlii* en cultivos ecológicos (Eco), convencionales (Conv) y en la zona de estudio (Área). Las barras de error muestran el error estándar de la media.

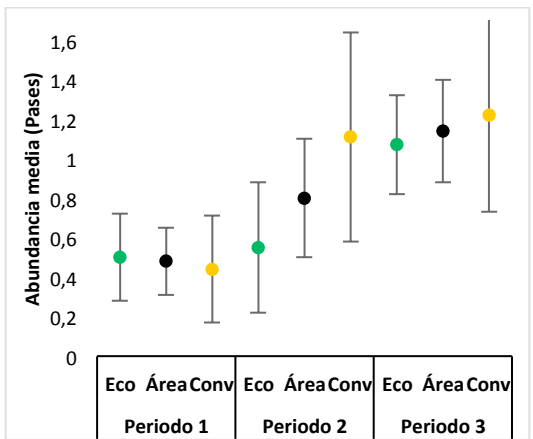


Figura 18: Abundancia media del número de pases de actividad de *P. kuhlii* en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

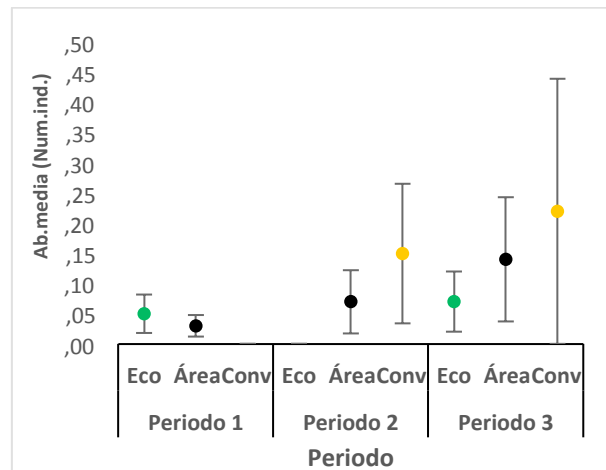


Figura 19: Abundancia media del número de zumbidos de alimentación de *P. kuhlii* en el cultivo ecológico (Eco), en el cultivo convencional (Conv) y en el total de la zona de estudio (Área) por periodo. Las barras de error muestran el error estándar de la media.

2. Abundancia y diversidad de lepidópteros.

La abundancia total de lepidópteros es de 2626 individuos recogidos durante las 11 noches en que se ha realizado el estudio. 1712 de estos se han clasificado como microlepidópteros y 914 como macrolepidópteros. Un total de 58 individuos de estos últimos no han podido ser identificados, aunque 856 se han identificado a nivel específico (véase Tabla 7).

En el medio forestal se han capturado más polillas (microlepidópteros y macrolepidópteros) en comparación a la abundancia registrada en ambos tipos de cultivos. En cuanto a los tipos de cultivos, en el convencional se han capturado más polillas respecto al ecológico (Figura 20).

El número de polillas capturadas en los cultivos aumenta en relación con el periodo (Figura 21). En cambio, en la masa forestal hay más del doble de individuos en el primer periodo respecto al segundo. El número de polillas contabilizadas en los tres periodos del cultivo convencional siempre es mayor al del cultivo ecológico.

La abundancia de todos los ambientes estudiados de los microlepidópteros por periodo tiene la misma tendencia que la observada para las polillas. También el número de individuos en el tercer periodo es mucho mayor en comparación a los otros periodos (Figura 23). Sin embargo, la abundancia de macrolepidópteros en el tercer periodo del cultivo ecológico (Casa Corones) es mucho mayor que las otras dos trampas de los cultivos (Figura 23).

Tabla 7: Abundancia de las familias y especies de macrolepidópteros identificados.

Familia	Abundancia	Familia	Abundancia
Especie	(Individuos)	Especie	(Individuos)
Arctiidae	310	Noctuidae	315
<i>Atlantartia tigrina</i>	2	<i>Acontia trabealis</i>	1
<i>Eilema sp.</i>	308	<i>Agrotis crassa</i>	44
Drepanidae	1	<i>Agrotis exclamationis</i>	3
<i>Watsonalla uncinula</i>	1	<i>Agrotis puta</i>	1
Geometridae	207	<i>Agrotis segetum</i>	3
<i>Adactylotis gesticularia</i>	3	<i>Agrotis segetum/ puta</i>	1
<i>Aplocera plagiata</i>	6	<i>Agrotis sp.</i>	1
<i>Aspitates ochrearius</i>	14	<i>Amephana aurita</i>	24
<i>Caradrina clavipalpis</i>	2	<i>Autophila sp.</i>	2
<i>Chesias rufata</i>	6	<i>Caradrina clavipalpis</i>	11
<i>Dyscia fagaria</i>	1	<i>Caradrina flavirena</i>	1
<i>Dyscia sp.</i>	19	<i>Caradrina sp.</i>	32
<i>Ecleora solieraria</i>	2	<i>Catocala mariana</i>	4
<i>Ephirrhoe rivata</i>	2	<i>Cleonymia difluens</i>	7
<i>Eupithecia chalikophila</i>	1	<i>Cleonymia sp.</i>	2
<i>Idaea inquinata</i>	26	<i>Cuculia santolinae</i>	1
<i>Idaea mustelata</i>	16	<i>Ethmia bipunctella</i>	1
<i>Idaea sericeata</i>	5	<i>Hada plebeja</i>	1
<i>Idaea sp.</i>	3	<i>Hadena andalusica</i>	2
<i>Itame vincularia</i>	9	<i>Hecatera weissi</i>	14
<i>Peribatodes perversarius</i>	57	<i>Hoplodrina ambigua</i>	30
<i>Perigune narborea</i>	8	<i>Lygephila craccae</i>	1
<i>Petrophora narbonea</i>	5	<i>Mesapamea secalis</i>	7
<i>Phigaliohybernia aurantiaria</i>	2	<i>Metopoceras felicina</i>	1
<i>Rhoptria asperaria</i>	9	<i>Metopoceras khalildja</i>	1
<i>Toulgoetia cauteriata</i>	5	<i>Minucia lunaris</i>	4
<i>Xanthorhoe fluctuata</i>	6	<i>Mythimna albipuncta</i>	6
Lasiocampidae	14	<i>Mythimna impura</i>	11
<i>Dendrolimus pini</i>	4	<i>Mythimna l-album</i>	1
<i>Macrothylacia digramma</i>	9	<i>Mythimna sicula</i>	38
<i>Phyllodesma kermesifolia</i>	1	<i>Mythimna sp.</i>	1
Lymantriidae	7	<i>Mythimna unipuncta</i>	1
<i>Ocneria rubea</i>	7	<i>Noctua comes</i>	2
Sphingidae	2	<i>Noctua pronuba</i>	1
<i>Hyles euphorbiae</i>	1	<i>Odice jucunda</i>	1
<i>Hyles livornica</i>	1	<i>Odice pergrata</i>	6
No identificables	58	<i>Omphalophana serrata</i>	1
Total general	914	<i>Recoropha canteneri</i>	20
		<i>Synthymia fixa</i>	5
		<i>Tyta luctuosa</i>	18
		<i>Tyta sp.</i>	4

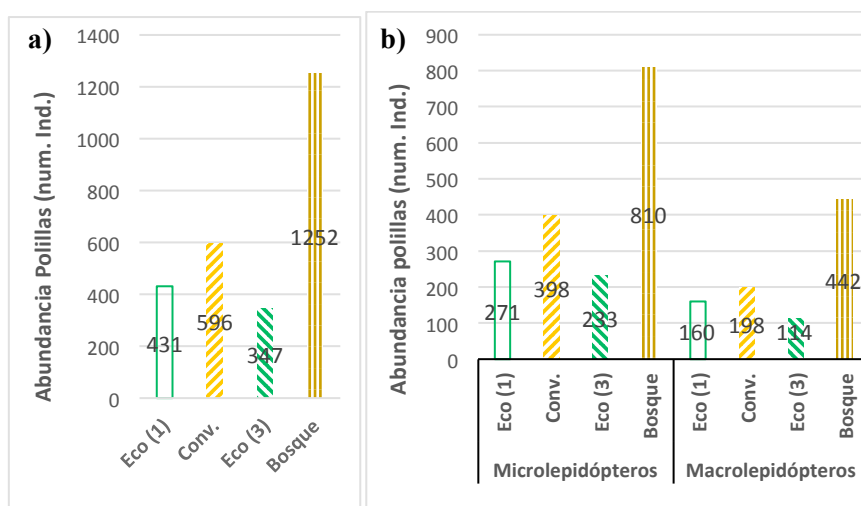


Figura 20: a) Abundancia total de polillas capturadas en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque y b) abundancia total de microlepidópteros y macrolepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins.

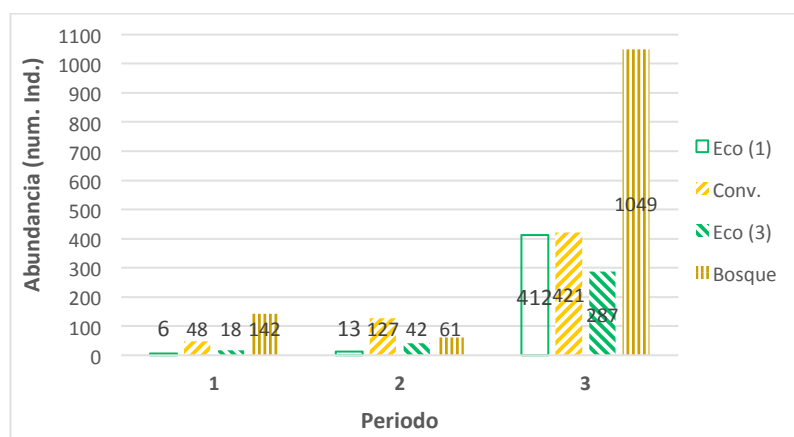


Figura 21: Abundancia de polillas capturadas en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.

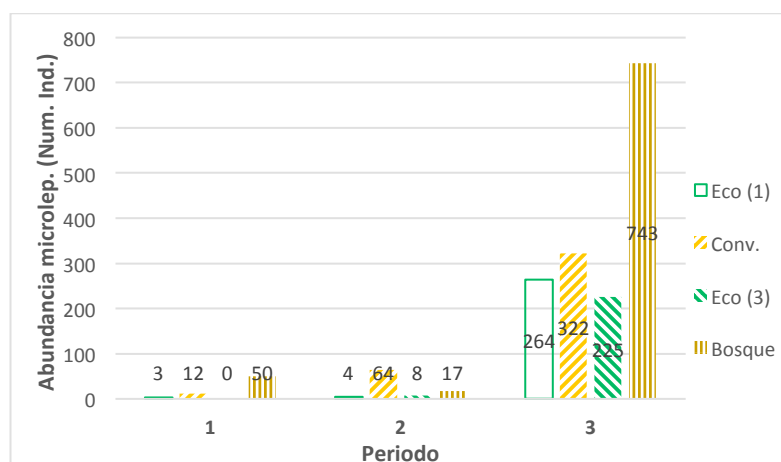


Figura 22: Abundancia de microlepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.

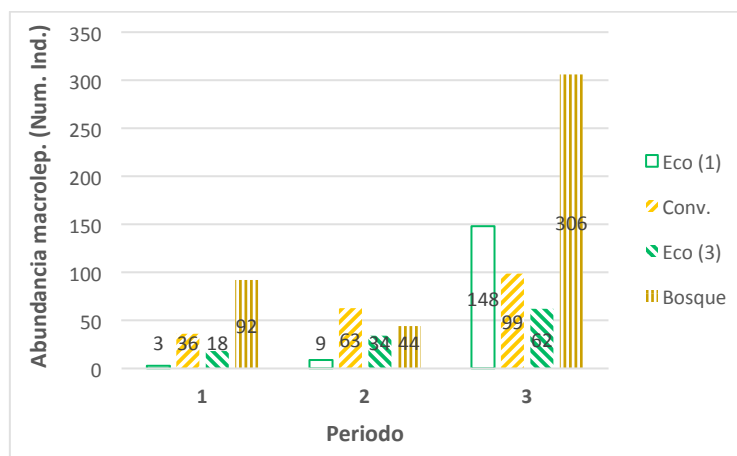


Figura 23: Abundancia de macrolepidópteros capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodo.

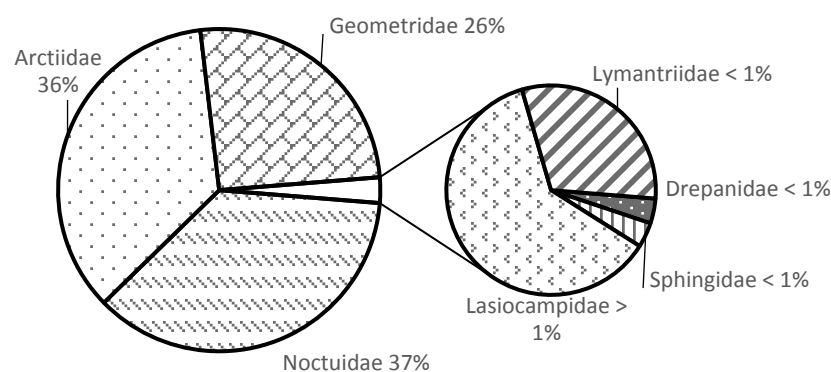


Figura 24: Porcentajes de los 856 macrolepidópteros clasificados en 7 familias distintas.

Se han identificado un total de 7 familias distintas de macrolepidópteros (Figura 24), aunque 4 representan el 2% aproximadamente del total y 3 familias el resto (Noctuidae, Arctiidae y Geometridae).

La familia Geometridae es la que menos individuos presenta en las cuatro trampas. En cambio, la familia Noctuidae domina en el número de individuos del cultivo convencional y del cultivo ecológico (Trampa 3), mientras que la familia Arctiidae domina en el cultivo ecológico (Casa Corones) y en el bosque (Figura 25).

A pesar de compartir las 2 familias más comunes abundancias similares, la familia Arctiidae solo aparece en el último periodo con un número de individuos más elevado que el resto de las familias (Figura 26).

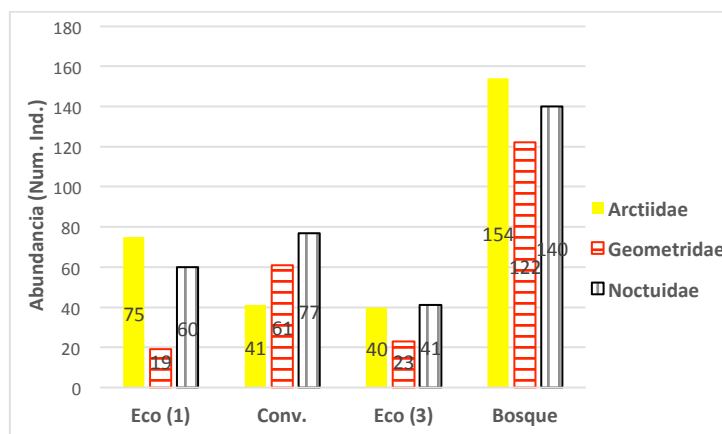


Figura 25: Abundancia total de las 3 familias de macrolepidópteros más abundantes (Noctuidae, Arctiidae y Geometridae) capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins.

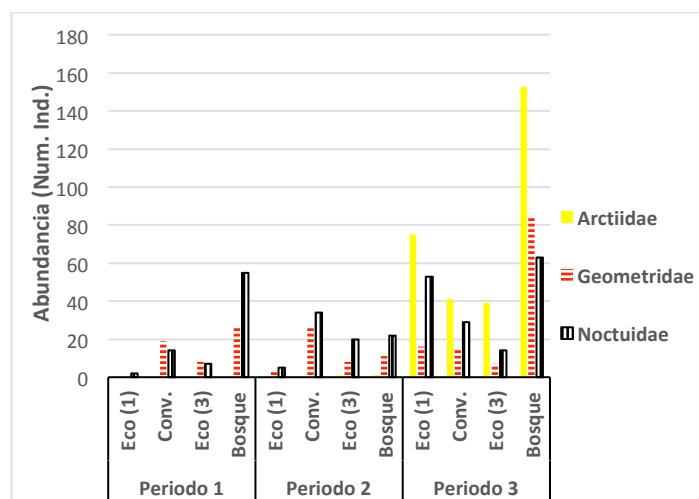


Figura 26: Abundancias de las 3 familias más abundantes (Noctuidae, Arctiidae y Geometridae) capturados en el cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), en el cultivo convencional (Conv.) y en el bosque en Fontanars dels Alforins por periodos.

Además, la familia Arctiidae solo está representada por la especie más abundante (*Eilema sp.*). En cambio, los noctuidos y geométridos están representados por 42 y 22 especies respectivamente.

De los 857 macrolepidópteros identificables se han podido clasificar 485 individuos en 61 especies y 41 géneros diferentes y los otros 372 individuos en 9 géneros. Por tanto, se han clasificado en un total de 50 géneros de 7 familias distintas. Algunas de las especies identificadas de la familia Noctuidae son plagas agrícolas de la vid, conocidas como gusanos grises (*Agrotis crassa*, *A. exclamationis*, *A. segetum* y *Noctua pronuba*). El número de capturas de *A. crassa* en el bosque es el más elevado de estas especies, pero en el cultivo convencional se han capturado un número considerable de individuos de las 3 especies plaga del género *Agrotis*.

Aunque se hayan capturado también 3 especies plaga en el cultivo ecológico, el número de individuos es bastante menor.

El cultivo convencional presenta el índice de diversidad más elevado con una riqueza de 38 especies y 171 individuos. La masa forestal y el cultivo ecológico (Trampa 3) tienen valores de índices de diversidad muy similares, con una riqueza de 45 especies y 420 individuos y 31 especies y 109 individuos respectivamente. El cultivo ecológico (Trampa 1) tiene el valor más bajo con 28 especies y 156 individuos (Figura 27).

La diversidad de macrolepidópteros en los dos primeros periodos es mayor en el cultivo convencional, mientras que en el tercer periodo es el ambiente forestal el que mayor diversidad presenta (Figura 28). La diversidad del cultivo ecológico solo supera la diversidad del cultivo convencional en el tercer periodo.

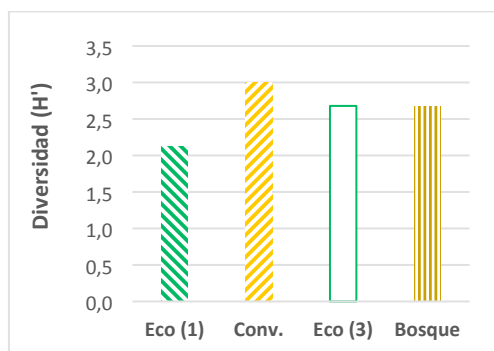


Figura 27: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de macrolepidópteros del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.

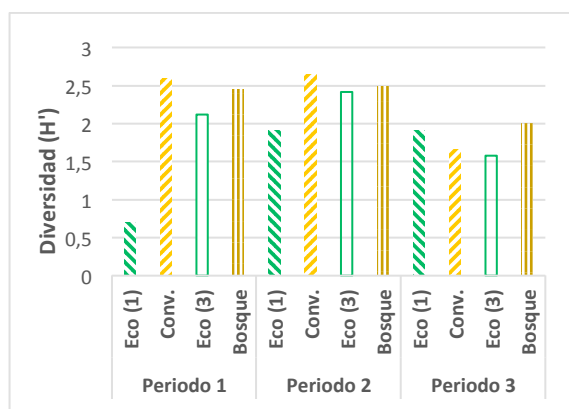


Figura 28: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.

La familia Noctuidae tiene los valores de diversidad y de riqueza de especies más altos respecto a las demás familias (Figura 29). El cultivo convencional presenta los valores más altos de diversidad y de riqueza de especies de noctuidos y de geométridos en comparación al cultivo

ecológico. Incluso en este cultivo los geométridos presentan un valor de diversidad superior a la del bosque.

El cultivo convencional presenta en el primer y segundo periodo valores de diversidad y de riqueza de las especies de geométridos superior a los del cultivo ecológico. Incluso en el segundo periodo supera los valores de geométridos y noctuidos del hábitat natural (Figura 30). En cambio, la diversidad de noctuidos del cultivo ecológico de casa Lluch en el primer periodo es mayor a la dada en el cultivo convencional. Además, el cultivo ecológico presenta en el tercer periodo valores de diversidad de geométridos y noctuidos superior al del cultivo convencional y al del bosque.

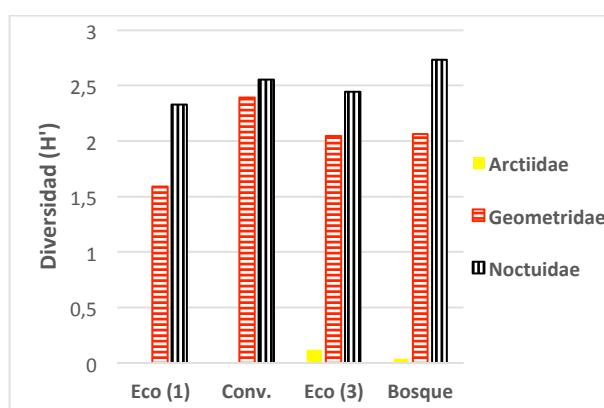


Figura 29: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de las tres familias más comunes (Arctiidae, Geometridae y Noctuidae) del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.

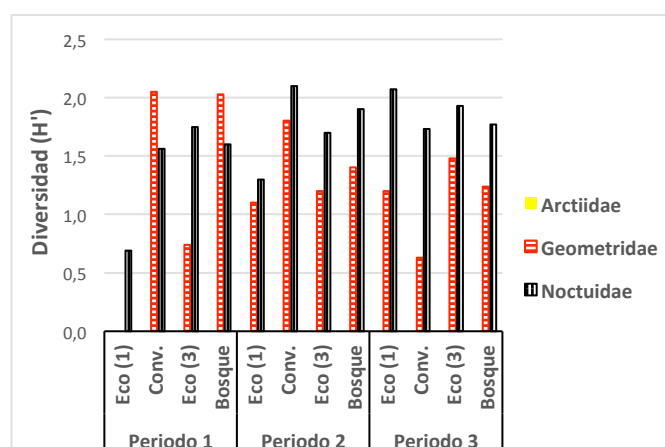


Figura 30: Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H) y riqueza de especies (S) de las tres familias más comunes (Arctiidae, Geometridae y Noctuidae) por periodo del cultivo ecológico (Eco (1) y Eco (3)), del cultivo convencional (Conv.) y del bosque en Fontanars dels Alforins.

3. Relación de la actividad de los murciélagos con la abundancia de polillas.

Solo los pases de actividad total de todas las especies combinadas (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.621$, $gdl=10$, $p = 0.041$) y el número de pases de actividad media

(coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.603$, $gdl=10$, $p = 0.049$) y total (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.603$, $gdl=10$, $p = 0.049$) del murciélago de Cabrera se correlacionan significativamente con la abundancia de macrolepidópteros de la familia Arctiidae en el cultivo convencional.

Existe una correlación significativa entre el número de pases de actividad de la especie *P. kuhlii* con la abundancia de polillas (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.68$, $gdl=10$, $p = 0.021$) y microlepidópteros (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.68$, $gdl=10$, $p = 0.020$) en el cultivo ecológico. Y una correlación significativa entre la actividad de forrajeo media y total del murciélago de borde claro con la abundancia de microlepidópteros (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.69$, $gdl=10$, $p = 0.018$). También existe una correlación significativa entre la actividad de forrajeo media y total del murciélago de borde claro con la abundancia (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.73$, $gdl=10$, $p = 0.01$), riqueza (coeficiente de correlación de Pearson, $r=0.64$, $gdl=10$, $p = 0.033$) y diversidad (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.61$, $gdl=10$, $p=0.043$) de geométridos en el cultivo ecológico (Los valores de la correlación de la actividad media y total de la especie *P. kuhlii* con la abundancia, riqueza y diversidad de especies son iguales).

4. Discusión.

4.1. Actividad de los murciélagos.

El dominio de las dos especies del género *Pipistrellus* en el registro de pases de actividad y de forrajeo de nuestro estudio coincide con los resultados de otros autores (Wickramasinghe et al. 2003, Davy et al. 2007, Baroja et al. 2016), mientras que se han detectado muy pocos pertenecientes a las otras 4 especies de 4 géneros distintos. Las llamadas de ecolocación son muy variables entre las especies, y la distancia media a la que aún pueden detectarse las diferentes especies de murciélagos es distinta (Barataud 2012), pero esto solo podría explicar porque no se han detectado especies del género *Rhinolophus* identificadas en la construcción de Casa Lluch (Barberá 2016). Además, la elección del detector acústico también influye en las tasas de detección (Adams et al. 2012, Stahlschmidt et al. 2012). El bajo número de detecciones de especies raras puede deberse al impacto generado por la intensificación agrícola, tal y como postulan varios autores (p.e., Bright 1993, Wickramasinghe et al. 2003). En cambio, las especies generalistas como el murciélago enano o el hortelano se ven menos afectadas.

Como se ha comentado, la abundancia y diversidad de polillas en los cultivos convencionales estudiados son mayores que en los ecológicos, por lo que podría indicar la intensificación agrícola en ambos tipos de cultivo, ya que la restricción del uso de agroquímicos en los cultivos ecológicos no favorece la abundancia y diversidad de éstas. Por tanto, es probable que el uso de ambos tipos de cultivos solo se lleve a cabo por parte de especies de murciélagos generalistas y comunes. Las especies de murciélagos tienen diferentes requisitos alimenticios y de uso del hábitat de caza (Dietz y Kiefer 2017). Así, por ejemplo, los murciélagos rinolofos y los ratoneros grande y mediano se les clasifica como cazadores de

espesura. El murciélago montaño (*H. savii*) suele volar a alturas muy elevadas, por lo que probablemente la probabilidad de detección será menor. El murciélago rabudo (*T. tenotis*) se alimenta de un 60% de polillas y se clasifica como cazador de espacios abiertos, mientras que el murciélago hortelano (*Eptesicus* sp.) se asocia más a bordes boscosos. Aunque las especies de *Pipistrellus* son más comunes en hábitats antropizados, la actividad del murciélago de Cabrera está más asociado a la vegetación arbórea o a las masas de agua. En cambio, el murciélago enano (*P. pipistrellus*) y de borde claro (*P. kuhlii*) está más asociada a claros del bosque o zonas más abiertas. Es muy probable que los individuos de este género detectadas en los cultivos estudiados sean los ocupantes de las cajas nido de la masa forestal, ya que se les considera especies sedentarias. De ser así, la colocación de las cajas nido durante el año 2015 (Barberá 2016) y su aumento en la tasa de ocupación, puede ser debido seguramente a la falta de perchas adecuadas al igual que ocurre en otros cultivos (Flaquer et al. 2006), y significaría un aumento en el número de murciélagos en la zona pudiendo contribuir a la reducción de daño de las plagas en los cultivos, como bien se ha demostrado en arrozales del delta del Ebro (Puig-Monserrat et al. 2015), en el continente norteamericano (Cleveland et al. 2006, Boyles et al. 2011, McCracken et al. 2012) o Asia (Wanger et al. 2014).

Aunque los resultados del registro de actividad de pases y de forrajeo en el cultivo ecológico son ligeramente superiores a los dados en el cultivo convencional, no existen diferencias significativas. Por tanto, es posible que los murciélagos sean insensibles a los agroquímicos, como han observado otros autores (Davy et al. 2007, Pocock y Jennings 2008, Fuentes-Montemayor et al. 2011b, MacDonald et al. 2012b). Los factores y la afección de estos sobre la actividad de los murciélagos son diversos. Así, se ha observado como la actividad total del murciélago es significativamente más alta en ríos y lagos (Vaughan et al. 1997a, Russo y Jones 2003) y como el uso de la tierra y la proximidad al agua influyen en la actividad de los murciélagos (Duff y Morrell 2007, Stahlschmidt et al. 2012). Por ello, en nuestro estudio es posible que el barranco y la calidad de su agua sea un elemento clave en la actividad de los murciélagos. La calidad del agua se ve afectada por agroquímicos (Racey et al. 1998) por lo que el uso de agroquímicos puede explicar las diferencias en la actividad de los murciélagos sobre los hábitats acuáticos entre los tipos de cultivos, e implica que los cambios localizados en la calidad del agua pueden explicar las diferencias en la actividad de los murciélagos (Wickramasinghe et al. 2003). El paisaje de la zona de estudio es heterogéneo por la proximidad a los cultivos de las masas forestales y a la existencia de elementos del paisaje (vegetación remanente y líneas arbóreas en cultivos). Por tanto, es posible que la influencia de estos factores sea mayor que la dada por la aplicación o prohibición de agroquímicos. Puesto que la actividad de los murciélagos se ve influenciada por las características del paisaje, como su heterogeneidad (Fuentes-Montemayor et al. 2011b, Kelly et al. 2016), los bordes boscosos (Vaughan et al. 1997a, Duff y Morrell 2007, Ethier y Fahrig 2011), la vegetación remanente, las líneas arbóreas en el cultivo y a los cortavientos (Verboom y Spoelstra 1999, Fuentes-Montemayor et al. 2013, Pocock y Jennings 2008, Frey-Ehrenbold et al. 2013, Kalda et al. 2015).

4.2. Abundancia de polillas.

Se esperaba que la abundancia de microlepidópteros, así como la riqueza, la diversidad y la abundancia de macrolepidópteros fueran superiores en el cultivo ecológico por la restricción del uso de pesticidas, como han observado en pastos y cultivos ecológicos del norte de Europa (Wickramasinghe et al. 2004, Rundolf y Smith 2006, MacDonald et al. 2012). Sin embargo, los resultados del presente estudio coinciden con el estudio realizado en el Reino Unido (Pocock y Jennings 2008), en el que la mayoría de las especies de polillas capturadas parecen ser insensibles al uso de agroquímicos. Concretamente, los geométridos también tienen valores de diversidad y abundancia mayores en el cultivo convencional.

La prohibición de agroquímicos en los estándares ecológicos puede mejorar la condición del hábitat en términos de la estructura del hábitat y de la diversidad de la vegetación. No obstante, existen indudablemente mecanismos distintos al uso de agroquímicos que vinculan las prácticas agrícolas intensivas con la reducción de insectos (Wickramasinghe et al. 2004). En el estudio de Fuentes-Montemayor y colaboradores (2011a) observaron como la abundancia y la diversidad de macrolepidópteros en cultivos ecológicos es similar a los campos convencionales, mientras que la abundancia y la diversidad de los microlepidópteros en cultivos ecológicos es mayor. Esto muestra como las especies de baja movilidad, como los microlepidópteros, exhiben respuestas más fuertes a la presencia de agroquímicos que las especies más móviles. Sin embargo, en nuestro estudio, la abundancia de microlepidópteros y macrolepidópteros en cultivos convencionales es mayor, por lo que la respuesta de ambos ha sido similar, independientemente de su movilidad. Estos efectos podrían deberse a los efectos perjudiciales del pastoreo que se han observado para polillas y otros insectos (Redpath et al. 2010). Como se ha podido observar, es posible que el intenso laboreo llevado a cabo en nuestros dos tipos de cultivos puede actuar como el pastoreo, puesto que los efectos perjudiciales derivados de la compactación de la tierra, así como de la degradación de la estructura y composición de la vegetación parecen ser similares. Ésta práctica se lleva a cabo porque la productividad del viñedo está condicionada por el sistema de manejo del suelo, con valores de producción de uva y peso de poda significativamente más altos en las parcelas con laboreo y más bajos en las parcelas con cubierta vegetal (Dorado et al. 2016).

Varios autores han identificado como diferentes elementos son importantes para mantener las poblaciones de insectos y mejorar su diversidad, como la continuidad del hábitat y la variación estructural (Kirby 2001), la estructura de la vegetación a nivel de microhábitat y una reducción en la intensidad del pastoreo (Tscharntke et al. 2002). Pero el mayor impacto en los cultivos es producido por el uso de agroquímicos sintéticos (Gibson et al. 2007). Incluso en algunos periodos la diversidad de macrolepidópteros del cultivo convencional supera a la dada en el hábitat forestal. Por lo que pensamos que algunas de las especies de las polillas capturadas en el cultivo convencional pertenecen a la masa forestal más cercana (40m). Esto podría deberse a que las densidades de insectos más cercanas a los elementos del paisaje vertical son mayores que en las áreas abiertas (Lewis y Dibley 1970, Verboom y Spoelstra 1999) y a que existe una

fuerte influencia sobre la abundancia y la diversidad de polillas atrapadas en la trampa por el hábitat seminatural cercano a menos de 250m (Fuentes-Montemayor et al. 2011a).

4.3. Relación de la actividad de los murciélagos con la abundancia de polillas.

Es posible que no exista correlación entre la abundancia de polillas y la actividad de forrajeo de todas las especies combinadas de murciélagos y del murciélago de Cabrera porque influyen otros factores en la actividad de pases y forrajeo, expuestos en el apartado anterior. La dieta generalista del murciélago de Cabrera en insectos (Bartonicka et al. 2008) podría explicar que no exista correlación porque se alimenta de todos los insectos disponibles durante su actividad de forrajeo y puede correlacionarse significativamente con otras familias de insectos no estudiadas en este trabajo (Wickramasinghe et al. 2004), concretamente con la plaga del barrenador del arroz (Puig-Monserrat et al. 2015).

La actividad de forrajeo del murciélago de borde claro (*P.kuhlii*) se correlaciona significativamente con la abundancia de microlepidópteros y con la riqueza, diversidad y abundancia de geométridos. Por tanto, al ser una especie generalista y oportunista (Dietz y Kiefer 2017), es posible que se alimente de estas polillas en los cultivos ecológicos. Aunque esto es consistente con otros estudios similares con otras especies de murciélagos (Wickramasinghe et al. 2003), el estudio preliminar de Baroja y colaboradores (2015) no ha encontrado correlación significativa entre el murciélago de borde claro y la polilla del racimo (*Lobesia botrana*).

Por último, resultaría interesante identificar las especies de microlepidópteros capturadas, y en futuros estudios incluir más variables para comprender como afectan los distintos factores en la actividad de pases y de forrajeo de los murciélagos en cultivos de vid ecológico. También analizar el ADN de los pellets de las cajas nido para identificar las especies de insectos, y así poder determinar si los murciélagos forrajeadores de los cultivos son los ocupantes de las cajas nido e investigar si son capaces de actuar como controladores de las plagas de insectos.

CONCLUSIONES

En el siguiente trabajo podemos concluir:

1. La mayoría de los pases y zumbidos de actividad registrados pertenecen a las especies del género *Pipistrellus*, y su actividad total es mayor en el cultivo ecológico. No obstante, no se han encontrado diferencias significativas tanto de actividad de pases como de forrajeo entre ambos tipos de cultivo.

2. En el medio forestal se han capturado más polillas (microlepidópteros y macrolepidópteros) en comparación a la abundancia registrada en ambos tipos de cultivos. En cuanto a los tipos de cultivos, en el convencional se han capturado más polillas respecto al ecológico. En cuanto a la riqueza y diversidad de especies de macrolepidópteros, el cultivo convencional presenta el índice de diversidad más elevado. La masa forestal y el cultivo ecológico de Casa Lluch tienen valores de índices de diversidad muy similares, mientras que el cultivo ecológico de Casa Corones tiene el valor más bajo. La familia Noctuidae tiene los valores de diversidad y de riqueza de especies más altos respecto a las demás familias. El cultivo convencional presenta los valores más altos de diversidad y de riqueza de especies de noctuidos y de geométridos en comparación al cultivo ecológico. Incluso en este cultivo los geométridos presentan un valor de diversidad superior a la del bosque.

3. Existe una correlación significativa entre el número de pases de actividad de la especie *P. kuhlii* con la abundancia de polillas en el cultivo ecológico. Y una correlación significativa entre la actividad de forrajeo media y total del murciélago de borde claro con la abundancia de microlepidópteros. También existe una correlación significativa entre la actividad de forrajeo media y total del murciélago de borde claro con la abundancia, riqueza y diversidad de geométridos en el cultivo ecológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. M., Jantzen, M. K., Hamilton, R. M. y Fenton, M. B. (2012).** Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(6), 992-998.
- Amorim, F., Rebelo, H. y Rodrigues, L. (2012).** Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica*, 14(2), 439-457.
- Bakieva, M., González, J. y Jornet, J. (2012).** Pruebas paramétricas en SPSS. Universitat de València. InnovaMIDE. Extraído de: <https://www.uv.es/innovamide/spss/0702b.wiki> (visitado por última vez el 24 de julio de 2018).
- Barataud, M. (2012).** Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze.
- Barberá, J. M. (2016).** Diseño de una estrategia para el control de la polilla del racimo de la vid mediante quirópteros (Doctoral dissertation).
- Barlow, K. E. y Jones, G. (1997).** Function of pipistrelle social calls: field data and a playback experiment. *Animal behaviour*, 53(5), 991-999.
- Baroja U., Aihartza, J. y Urtzi G. (2016).** Respuesta de la actividad de los quirópteros a los cambios de la polilla de la vid (*Lobesia botrana*) en dos viñedos del norte de la Península Ibérica. Estudio preliminar. Conference: VI Congreso de la SECEMU (Sociedad Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos) At: Vairão, Portugal.
- Bartonička, T., Řehák, Z. y Andreas, M. (2008).** Diet composition and foraging activity of *Pipistrellus pygmaeus* in a floodplain forest. *Biologia*, 63(2), 266-272.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. y WEIBULL, A. C. (2005).** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 42(2), 261-269.
- Best, T. L., Milam, B. A., Haas, T. D., Cvilikas, W. S. y Saidak, L. R. (1997).** Variation in diet of the gray bat (*Myotis grisescens*). *Journal of Mammalogy*, 78(2), 569-583.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F. y Kunz, T. H. (2011).** Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332(6025), 41-42.
- Bright, P. W. (1993).** Habitat fragmentation problems and predictions for British mammals. *Mammal Review*, 23(34), 101-111.
- Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, J., ... y Sansone, C. G. (2006).** Economic value of the pest control service provided by Brazilian freetailed bats in southcentral Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(5), 238-243.
- Cruz, M. C., Rodríguez, L. C., Viera, R. G., Mouso, J. P., Cabrera, D. M., Escobar, Y. T., y Socarrás, Y. C. (2013).** Evaluación agronómica de cuatro nuevas variedades de pastos. *Revista de producción animal*, 25(1), 5.
- Davy, C. M., Russo, D. y Fenton, M. B. (2007).** Use of native woodlands and traditional olive groves by foraging bats on a Mediterranean island: consequences for conservation. *Journal of Zoology*, 273(4), 397-405.

- Dietz, C., y Kiefer, A. (2017).** Murciélagos de Europa. Omega.
- Dorado, J., Cabello, F., Saiz, R., Alarcón, M. R., Martín, J. M., Campos, D., y Fernández-Quintanilla, C. (2016).** Efectos del manejo del suelo sobre la flora arvense y la productividad de un viñedo en la Comunidad de Madrid. II Jornadas en Viticultura de la SECH.
- Duff, A. y Morrell, E. (2007).** Predictive occurrence models for bat species in California. *The Journal of wildlife management*, 71(3), 693-700.
- Erickson, J. L. y West, S. D. (2002).** The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica*, 4(1), 17-24.
- Ethier, K. y Fahrig, L. (2011).** Positive effects of forest fragmentation, independent of forest amount, on bat abundance in eastern Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 26(6), 865-876.
- Fenton, M. B. (1982).** Echolocation, insect hearing, and feeding ecology of insectivorous bats. In *Ecology of bats* (pp. 261-285). Springer, Boston, MA.
- Fenton, M. B., Cumming, D. H. M. y Oxley, D. J. (1977).** Prey of bat hawks and availability of bats. *The Condor*, 79(4), 495-497.
- Flaquer, C., Torre, I. y Ruiz-Jarillo, R. (2006).** The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biological Conservation*, 128(2), 223-230.
- Frey Ehrenbold, A., Bontadina, F., Arlettaz, R. y Obrist, M. K. (2013).** Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland dominated matrices. *Journal of Applied Ecology*, 50(1), 252-261.
- Fuentes-Montemayor, E., Goulson, D., Cavin, L., Wallace, J. M. y Park, K. J. (2013).** Fragmented woodlands in agricultural landscapes: the influence of woodland character and landscape context on bats and their insect prey. *Agriculture, ecosystems & environment*, 172, 6-15.
- Fuentes Montemayor, E., Goulson, D. y Park, K. J. (2011a).** The effectiveness of agri-environment schemes for the conservation of farmland moths: assessing the importance of a landscape scale management approach. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 532-542.
- Fuentes-Montemayor, E., Goulson, D. y Park, K. J. (2011b).** Pipistrelle bats and their prey do not benefit from four widely applied agri-environment management prescriptions. *Biological Conservation*, 144(9), 2233-2246.
- Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., y Wolfe, M. S. (2005).** Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology letters*, 1(4), 431-434.
- García-Barros, E., Romo, H., i Monteys, V. S., Munguira, M. L., Baixeras, J., Moreno, A. V. y García, J. L. Y. (2015)** Orden Lepidoptera. Clase Insecta. *Revista IDE@-SEA*, 65, 1-21.

- Ghanem, S. J. y Voigt, C. C. (2012).** Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 44, pp. 279-302). Academic Press.
- Gibson, R. H., Pearce, S., Morris, R. J., Symondson, W. O. C. y Memmott, J. (2007).** Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: a whole farm approach. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 792-803.
- Hilty, J. A. y Merenlender, A. M. (2004).** Use of riparian corridors and vineyards by mammalian predators in northern California. *Conservation Biology*, 18(1), 126-135.
- Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V. y Evans, A. D. (2005).** Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological conservation*, 122(1), 113-130.
- Instituto de Viticultura Mediterránea (2014).** Lucha contra la polilla del racimo por medio de murciélagos. Estudios. Extraído de: <http://ivmbodegasenguera.com/murcielagos-rupicolas.html> (visitado por última vez el 12 de junio de 2018).
- Jiménez, J., Monsalve, M.A. y Raga, J.A. (2012).** Mamífers de la Comunitat Valenciana. Colección Biodiversidad, 19. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Kalda, O., Kalda, R. y Liira, J. (2015).** Multi-scale ecology of insectivorous bats in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199, 105-113.
- Kelly, R. M., Kitzes, J., Wilson, H. y Merenlender, A. (2016).** Habitat diversity promotes bat activity in a vineyard landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 175-181.
- Kirby, K. J. (2001).** The impact of deer on the ground flora of British broadleaved woodland. *Forestry*, 74(3), 219-229.
- Kunz, T. H. (1974).** Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*). *Ecology*, 55(4), 693-711.
- Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T. y Fleming, T. H. (2011).** Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 1-38.
- Lewis, T. y Dibley, G. C. (1970).** Air movement near windbreaks and a hypothesis of the mechanism of the accumulation of airborne insects. *Annals of Applied Biology*, 66(3), 477-484.
- Lisón, F. (2011).** Clave de identificación de las llamadas de ecolocación de los murciélagos de la Península Ibérica. Versión electrónica, 1. Extraído de: <http://quiromur.blogspot.com/p/publicaciones.html> (visitado por última vez el 28 de julio de 2018).
- Lista Roja de Mamíferos de la UICN (2008).** Extraído de: <http://www.iucnredlist.org/initiatives/mammals/analysis/red-list-status#by%20taxo%20group> (visitado por última vez el 28 de agosto de 2018).

- Maas, B., Clough, Y. y Tschardt, T. (2013).** Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology letters*, 16(12), 1480-1487.
- MacDonald, M. A., Cobbold, G., Mathews, F., Denny, M. J., Walker, L. K., Grice, P. V. y Anderson, G. Q. (2012).** Effects of agri-environment management for cirl buntings on other biodiversity. *Biodiversity and conservation*, 21(6), 1477-1492.
- Machado, M. C. (2017).** Ecología de los murciélagos cavernícolas del Este de la Península Ibérica. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. Versión electrónica, 1.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. y Niggli, U. (2002).** Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- McCracken, G. F., Westbrook, J. K., Brown, V. A., Eldridge, M., Federico, P. y Kunz, T. H. (2012).** Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PloS one*, 7(8), e43839.
- Mickleburgh, S. P., Hutson, A. M. y Racey, P. A. (2002).** A review of the global conservation status of bats. *Oryx*, 36(1), 18-34.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (2016).** Vitivinicultura. Madrid, España. Extraído de:
<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-gricolas/vitivinicultura/default.aspx> (visitado por última vez el 13 de junio de 2018).
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (2017).** Agricultura ecológica. Estadísticas 2016. Madrid, España.
Extraído de: <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/default.aspx> (visitado por última vez el 13 de junio de 2018).
- Ortega-Lopez, V., Amo-Salas, M., Ortiz-Barredo, A. y Díez-Navajas, A. M. (2014).** Male flight phenology of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in different wine-growing regions in Spain. *Bulletin of entomological research*, 104(05), 566-575.
- Palomo, L., Gisbert, J. y Blanco, C. (2007).** Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. pp. 588.
- Park, K. J. (2015).** Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: bats and their potential role as bioindicators. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(3), 191-204.
- Pocock, M. J. y Jennings, N. (2008).** Testing biotic indicator taxa: the sensitivity of insectivorous mammals and their prey to the intensification of lowland agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 45(1), 151-160.
- Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M. M., Ràfols-García, R., ... y Flaquer, C. (2015).** Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(3), 237-245.

- Racey, P. R., Swift, S. M., Rydell, J. y Brodie, L. (1998).** Bats and insects over two Scottish rivers with contrasting nitrate status. In *Animal Conservation forum* (Vol. 1, No. 3, pp. 195-202). Cambridge University Press.
- Ramón, R. C. (1998).** *Polillas del racimo (Lobesia botrana Den. y Shiff.)*. Los parásitos de la vid: estrategias de protección razonada (pp. 29-42). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Mundiprensa.
- Redondo, V., Gastón, J. y Vicente, J. C. (2010).** Las mariposas de España peninsular: manual ilustrado de las especies diurnas y nocturnas. Prames.
- Redpath, N., Osgathorpe, L. M., Park, K. y Goulson, D. (2010).** Crofting and bumblebee conservation: The impact of land management practices on bumblebee populations in northwest Scotland. *Biological Conservation*, 143(2), 492-500.
- Roeleke, M., Blohm, T., Kramer-Schadt, S., Yovel, Y. y Voigt, C. C. (2016).** Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific reports*, 6, 28961.
- Rundlöf, M. y Smith, H. G. (2006).** The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of applied ecology*, 43(6), 1121-1127.
- Russo, D. y Ancillotto, L. (2015).** Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(3), 205-212.
- Russo, D. y Jones, G. (1999).** The social calls of Kuhl's pipistrelles *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1819): structure and variation (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Zoology*, 249(4), 469-493.
- Russo, D. y Jones, G. (2000).** The two cryptic species of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) occur in Italy: evidence from echolocation and social calls. *Mammalia*, 64(2), 187-198.
- Russo, D. y Jones, G. (2002).** Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology*, 258(1), 91-103.
- Russo, D. y Jones, G. (2003).** Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26(2), 197-209.
- Serra, P. Ponce, M. J., López, L., González, L. M. y García, X. (2014).** Ejecución II-Regresión lineal simple y múltiple. Roderic. Universitat de València. Extraída de: <http://roderic.uv.es/handle/10550/34556> (visitado por última vez el 24 de julio de 2018).
- Solari, S. Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E. y Trujillo, F. (2013).** Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 20(2), 301-365.
- Stahlschmidt, P. y Brühl, C. A. (2012).** Bats as bioindicators—the need of a standardized method for acoustic bat activity surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3), 503-508.
- Truxa, C. y Fiedler, K. (2012).** Attraction from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology*, 109(1), 77.to light-

- Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A. y Thies, C. (2002).** Characteristics of insect populations on habitat fragments: a mini review. *Ecological research*, 17(2), 229-239.
- Vaughan, N. (1997).** The diets of British bats (Chiroptera). *Mammal Review*, 27(2), 77-94.
- Vaughan, N., Jones, G. y Harris, S. (1997a).** Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. *Journal of Applied Ecology*, 716-730.
- Vaughan, N., Jones, G. y Harris, S. (1997b).** Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation call parameters. *Bioacoustics*, 7(3), 189-207.
- Verboom, B. y Spoelstra, K. (1999).** Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrellus pipistrellus*. *Canadian Journal of Zoology*, 77(9), 1393-1401.
- Visor del Atlas climático de la Península ibérica y Baleares (2017).** Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Extraído de:
http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_climatico/visor_atlas_climatico (visitado por última vez el 5 de septiembre de 2018).
- Visor Cartogràfic de la Generalitat Valenciana TerraSit.** Extraído de:
<http://visor.gva.es/visor/> (visitado por última vez el 20 de junio de 2018).
- Wanger, T. C., Darras, K., Bumrungsri, S., Tscharntke, T. y Klein, A. M. (2014).** Bat pest control contributes to food security in Thailand. *Biological Conservation*, 171, 220-223.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G. y Vaughan, N. (2003).** Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 984-993.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G. y Vaughan, N. (2004).** Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conservation Biology*, 18(5), 1283-1292.

RESUMEN

Numerosos estudios demuestran el beneficio de la agricultura ecológica en la diversidad y abundancia de artrópodos y otros organismos. Sin embargo, existe poca evidencia sobre la influencia de estos sistemas agrícolas en las poblaciones de quirópteros (murciélagos). Este estudio tiene como objetivo ahondar en el conocimiento de la actividad de los murciélagos en viñedos ecológicos y convencionales en una zona vitícola representativa de la región mediterránea (Fontanars dels Alforins, Valencia). Al mismo tiempo, se estudia la abundancia y diversidad de lepidópteros en el viñedo y se relaciona con la actividad de los quirópteros.

Se llevaron a cabo muestreos en campo desde mediados de marzo de 2018 hasta junio del mismo año. Las polillas se capturaron mediante trampas de luz distribuidas en tres ecosistemas: viñedo convencional, zona forestal y viñedo ecológico. Para determinar la actividad de los murciélagos, se establecieron 20 puntos de escucha en viñedo ecológico y convencional y se utilizó un detector de ultrasonidos (Song Meter SM4BAT FS).

Tres especies de murciélagos del género *Pipistrellus* dominan en el registro de actividad tanto de pases como de zumbidos de alimentación. En lo que respecta a los dos sistemas estudiados, viñedo con manejo ecológico y viñedo con manejo convencional, no se encuentran diferencias significativas en la actividad de los murciélagos. Es posible que el manejo de cultivo no tenga efecto en la actividad de los murciélagos aunque es interesante continuar con el estudio para confirmar este resultado. Por otra parte, la diversidad y abundancia de macrolepidópteros y la abundancia de microlepidópteros son superiores en el cultivo convencional. Este resultado puede deberse del impacto producido por otras prácticas agrícolas sobre las poblaciones de polillas. Existe una correlación significativa entre la actividad total y media de forrajeo de *Pipistrellus kuhlii* (murciélago de borde claro) y la abundancia, diversidad y riqueza de geométridos y microlepidópteros capturados en el cultivo ecológico. Esta especie podría estar actuando como controlador natural de estos grupos de lepidópteros en el viñedo.