

INSTALACIÓN DE CAJAS-REFUGIO PARA QUIRÓPTEROS Y ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMUNIDAD DE MURCIÉLAGOS COMO MEDIDA DE CONTROL DE LA PROCESIONARIA DEL PINO (*Thaumetopoea pityocampa*) EN LAS ISLAS BALEARES

David García¹ y Núñez Vázquez, Luís²

¹C/Son Borràs, 14. 07340_Alaró. Mallorca. baldrítja@yahoo.es

²Servicio de Sanidad Forestal. Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears. Avda. 2 Gabriel Alomar i Villalonga, 27 1º. 07006-Palma de Mallorca. Illes Balears. lnunez@gmambie.caib.es

RESUMEN

Se muestran los primeros resultados de un estudio preliminar sobre la relación entre la curva de vuelo de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) y la actividad de la comunidad de murciélagos, obteniéndose una relación significativa entre el incremento en la abundancia del imago de este lepidóptero y la actividad de los quirópteros. Con el fin de eliminar el factor limitante en la abundancia de murciélagos por la falta de refugios arborícolas en las masas forestales de pino carrasco de las islas Baleares, se han instalado a lo largo del archipiélago varias cajas-refugio.

INTRODUCCIÓN

Todas las especies de quirópteros presentes en el continente europeo se alimentan de pequeños invertebrados, exceptuando al murciélago ratonero patudo (*Myotis capaccini*) que captura peces (Aihartza *et al.*, 2003) y el nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) que atrapa pequeñas aves (Ibáñez *et al.*, 2001). Los lepidópteros constituyen un importante recurso trófico para gran parte de la fauna quiropterológica, ya que son consumidos en grandes cantidades durante su periodo de imago.

Existen diversos estudios que muestran que los quirópteros no sólo son excelentes depredadores de insectos sino que además son animales oportunistas. Los quirópteros aprovechan las concentraciones puntuales de insectos para alimentarse. Esta circunstancia ha hecho que diversos investigadores se hayan planteado la posibilidad de considerar estos animales como un método de control de plagas de insectos (Lee and McCracken 2005; Cleveland *et al.* 2006).

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) es el defoliador más importante de los pinares de España (Romanyk & Cadahia, 2003), especie que está introducida en el archipiélago Balear. Actualmente se encuentra distribuida por todo el archipiélago, citándose recientemente su presencia en la isla de Formentera (Nuñez, 2008).

Durante los meses de verano, cuando la procesionaria emerge como imago, los quirópteros están activos durante toda la noche. Los machos de procesionaria que nacen unas horas antes que las hembras, se aparean varias veces (Rodmanyk & Cadahia, 2003), por tanto son los machos los que realizan más vuelos y permanecen más tiempo revoloteando por el pinar, por lo que pueden ser más vulnerables a la depredación por parte de los quirópteros. Así mismo, las hembras de procesionaria realizan vuelos para escoger el lugar para depositar los huevos, momento en que aumentan las posibilidades de ser depredadas.

Algunas especies de quirópteros emplean como refugio las hendiduras y agujeros que proporcionan los árboles en las masas forestales: son las especies de carácter arborícola. La falta de disponibilidad de refugios arborícolas adecuados para los quirópteros de carácter forestal, constituye un importante factor limitante para el asentamiento, distribución, diversidad y abundancia de los quirópteros en los bosques (Findley, 1993; De Paz *et al.*, 2000). Gran parte de los murciélagos son incapaces de crear y acondicionar los refugios que emplean, por lo que dependen estrechamente de la disponibilidad de éstos en el medio que viven (Flaquer *et al.*, 2007). La colocación de cajas-refugio en aquellas zonas donde escasean los refugios

naturales, debido a la transformación del bosque por causas antrópicas, es una medida importante para favorecer la presencia de quirópteros, ya que es la única medida efectiva a corto-medio plazo para compensar esta carencia (Alcalde, 2006).

La instalación de refugios artificiales para mejorar las poblaciones de murciélagos con el objeto de que éstos contribuyan al control de plagas forestales, ha venido siendo desarrollada desde los años 70 (Ceballos *et al.*, 1977).

En las cajas-nido para pájaros se ha constatado la ocupación de quirópteros, si bien, presentan una baja ocupación (Benzal, 1990).

Con el fin de favorecer las poblaciones de murciélagos forestales en los pinares de las islas Baleares, el Servicio de Sanidad Forestal de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears ha desarrollado un programa de instalación de cajas-refugio para quirópteros. Con esta medida se apuesta por favorecer el control biológico que ejerce la comunidad quiropterológica sobre la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*). Además, se ha realizado un estudio previo para verificar la existencia de una relación trófica entre este grupo faunístico y las poblaciones de procesionaria del pino, con el fin de comenzar a evaluar el papel ecológico que desempeñan los murciélagos en el control biológico de este lepidóptero.

El Servicio de Sanidad Forestal ha establecido una serie objetivos dentro del marco de actuaciones de medidas de control biológico:

- Contrastar si existe una relación significativa entre la curva de vuelo de *Thaumetopoea pityocampa* y la actividad quiropterológica en las masas de pino carrasco.
- Instalación y seguimiento de cajas-refugio para quirópteros en las masas forestales de pino carrasco de las islas Baleares.
- Evaluar el efecto de las cajas-refugio instaladas sobre las poblaciones de quirópteros.

METODOLOGÍA

Instalación y seguimiento de cajas-refugio

Existen numerosos modelos de cajas-refugio diseñadas para este grupo faunístico, si bien podemos distinguir tres tipos de caja-refugio: las que cuentan con la entrada en la parte inferior de la misma, las de abertura situada en la parte frontal y la combinación de ambas. Además, otra característica distintiva de los refugios es el material con el cual han sido construidos. Se han empleado cuatro modelos de refugio artificiales, uno construido de madera y tres de cemento con madera aglomerada.

El modelo de madera tiene unas dimensiones externas de 480mm de altura, 65mm de ancho y 225mm de largo. En la parte interior dispone de las siguientes medidas: 375mm de alto, 35mm de ancho y 195mm de fondo. Está construido con madera de 1cm de grosor. La entrada se ubica en la parte inferior y cuenta con unas ranuras en la madera del fondo para facilitar que los quirópteros trepen hacia el interior y se mantengan aferrados a la misma. Este modelo fue escogido por un equipo asesor en el primer año de ejecución del presente programa.

Desde 2008 se han venido instalando cajas-refugio de la marca Schwegler, construidos con madera aglomerada y cemento, lo que proporciona un excelente aislamiento. Este tipo de refugio no necesita ningún tipo de mantenimiento y su resistencia a la intemperie es mucho mayor que la de los refugios construidos con madera. Se han utilizado tres modelos de dicha marca: 2F; 2FN y 1FF. El modelo 2F es de forma cilíndrica, con la entrada en la parte frontal, la cual imita el tronco hueco de un árbol. De la misma forma es el modelo 2FN, pero además de poseer una entrada en la parte frontal (esta algo mayor que la 2F), también cuenta con una abertura en la parte inferior. Finalmente, el modelo 1FF es de forma cuadrada con una entrada en la parte inferior.



Figura 1 y 2. Algunos de los modelos de cajas-refugio empleados en las islas Baleares

Los refugios artificiales cajas-refugio se han instalado, en la medida de lo posible, en aquellas áreas del bosque donde existe una mayor presencia de actividad de murciélagos, como pueden ser lugares de paso o áreas de alimentación. Esto favorece notablemente la detectabilidad por parte de los quirópteros de las cajas-refugio. La altura de las cajas-refugio no afecta en cuanto a su funcionalidad con respecto a los quirópteros; si bien de De Paz *et al.* (2000) recomiendan que estén lo suficientemente elevadas para evitar posibles depredaciones o hechos vandálicos. La orientación tampoco es un condicionante para la ocupación de los murciélagos (De Paz *et al.*, 2000). Los refugios se situaron, como ya se ha mencionado, en emplazamientos adecuados para su detectabilidad por parte de los quirópteros y, que a la vez, presentaran un acceso lo suficientemente práctico que no dificultara excesivamente su seguimiento futuro. Las cajas-refugio se colocaron agrupadas en pequeños grupos de entre 3 y 5 cajas como máximo, tal como recomiendan Flaquer *et al.* (2007). Se ha venido realizando desde el comienzo del programa dos visitas para un seguimiento adecuado: una en primavera y otra en otoño.

Estudio previo de relación entre la curva de vuelo de procesionaria y la actividad quiropterológica

Para desarrollar el estudio se ha escogido una masa forestal de pino de Mallorca que se encontraba entre los niveles 3 y 4 de infestación de la procesionaria del pino (según los niveles establecidos por Romanyk & Cadahia, 2003).

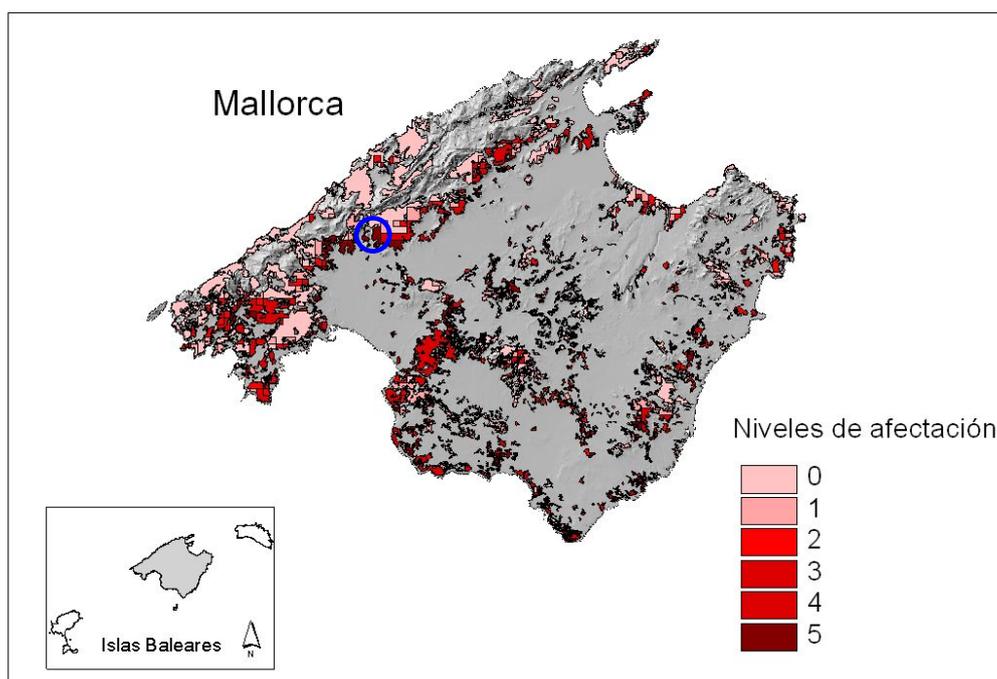


Figura 3. Niveles de afectación de la procesionaria del pino en la isla de Mallorca durante 2008. Con un círculo azul se indica el área de estudio.

El estudio se desarrollo entre el 29 de julio y el 29 de septiembre de 2008. Para conocer la curva de vuelo de la procesionaria en el área de estudio se colocaron 6 trampas de feromonas de tipo G, a una equidistancia de 100m entre ellas. Para analizar los cambios en la abundancia temporal de la procesionaria las capturas se han agrupado en periodos de 7 días. La presencia y actividad de los quirópteros en el área de estudio se evaluó estableciendo 30 estaciones de escucha, con una separación de 50 metros y un tiempo de detección de 5 minutos. Todas las estaciones de detección se realizaban durante la misma noche y con una periodicidad semanal durante el ciclo de actividad del imago de la procesionaria. Todas las unidades fueron

muestreadas entre las 21.00h y las 2.00h de la noche. Las detecciones se han realizado mediante la utilización de detectores de ultrasonidos (D240x de Pettersson), en sistema heterodino. En estas detecciones se han diferenciado los pulsos de animales de paso y los de las secuencias de caza. Finalmente, se ha elaborado un análisis comparativo entre la actividad de caza de los murciélagos y la curva de vuelo de la procesionaria del pino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Relación entre la curva de vuelo de *Thaumetopoea pityocampa* y la actividad quiropterológica

Curva de vuelo de la procesionaria del pino

Se han revisado en 10 ocasiones las trampas de feromonas y se ha recogido un total de 667 individuos. Las capturas por campaña han oscilado entre una media de cero en la primera jornada y una media de 26.5 ± 22.9 (DE) el 26 de agosto. El pico de vuelo de procesionaria se sitúa en las dos últimas semanas de agosto, empezando a finales de julio y acabando a finales de septiembre. Una ANOVA demuestra la existencia de diferencias altamente significativas en la abundancia media por campaña ($F_{9,50} = 9.89$, $p < 0.0001$).

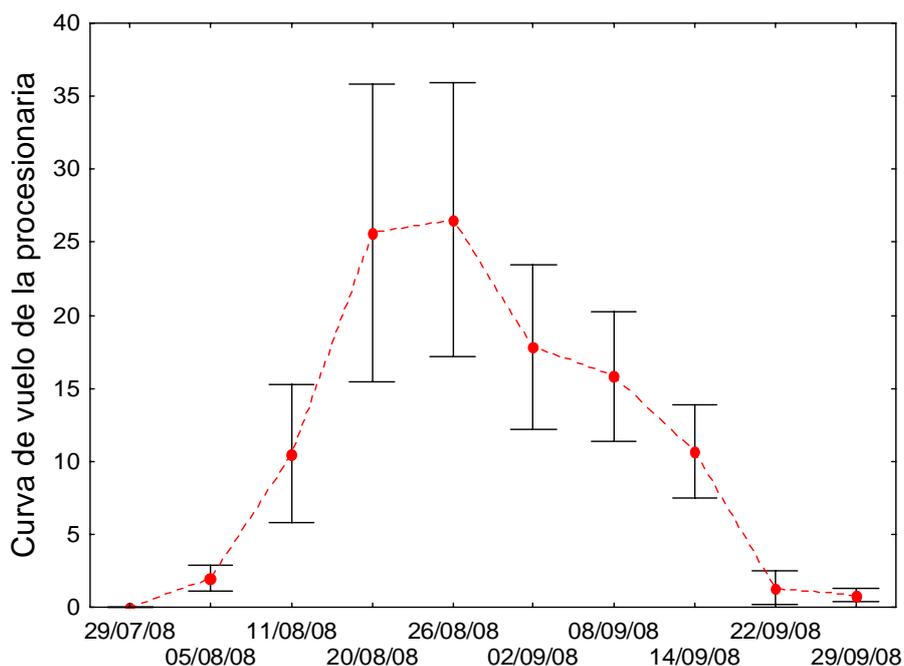


Figura 7. Valores medios (\pm EE) del número de ejemplares capturados en seis trampas para la procesionaria en las 10 campañas de muestreo realizadas durante el verano de 2008.

Número de contactos de murciélagos

El número total de registros grabados ha sido de 766, con una media de 2.55 ± 4.14 (DE) por estación, un mínimo de cero y un máximo de 36 contactos por estación. El número medio de contactos por campaña ha oscilado entre un mínimo de 0.46 ± 0.89 en la última campaña (29/09/08), y un máximo 6.20 ± 7.59 en la campaña del 08/09/08. Una ANOVA demuestra la existencia de diferencias altamente significativas en el número medio de contactos entre jornadas ($F_{9, 290} = 23.59, p < 0.0001$). La comparación a posteriori (Test Post Hoc de Tukey) muestra una clara diferencia entre las tres primeras campañas (29/07/08 a 11/08/08), y las cuatro posteriores (4 a 8, de 20/08/08 a 14/09/08), y otra clara diferencia entre estas y las dos últimas (9 y 10, del 22 i 29/09/08).

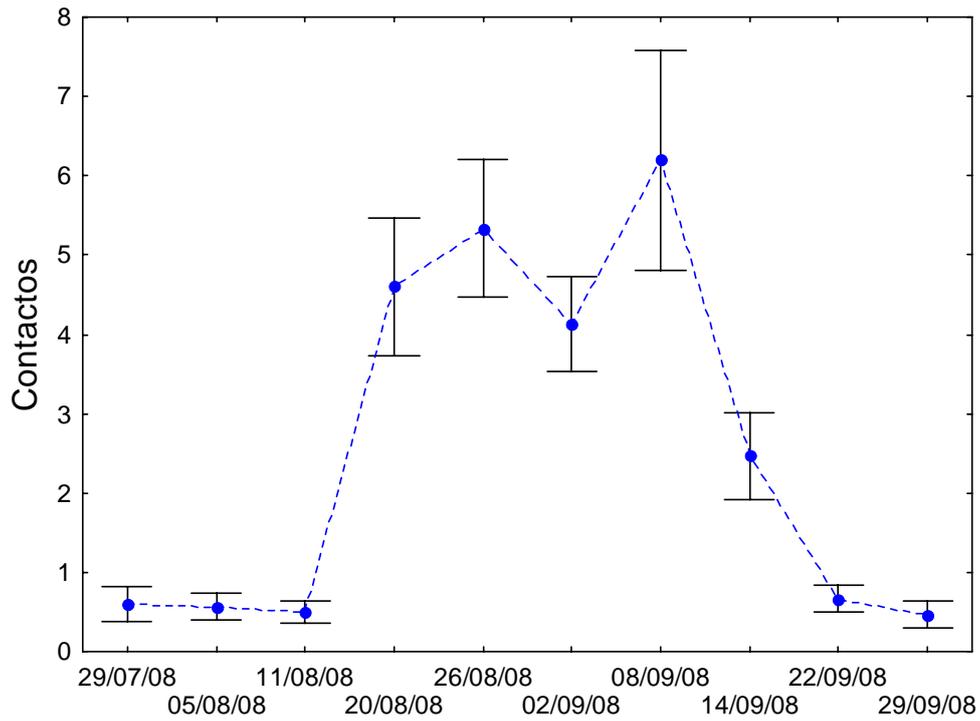


Figura 8. Valores medios (\pm EE) del número de contactos en las 30 estaciones con detectores realizadas en las 10 campañas de muestreo durante el estudio 2008.

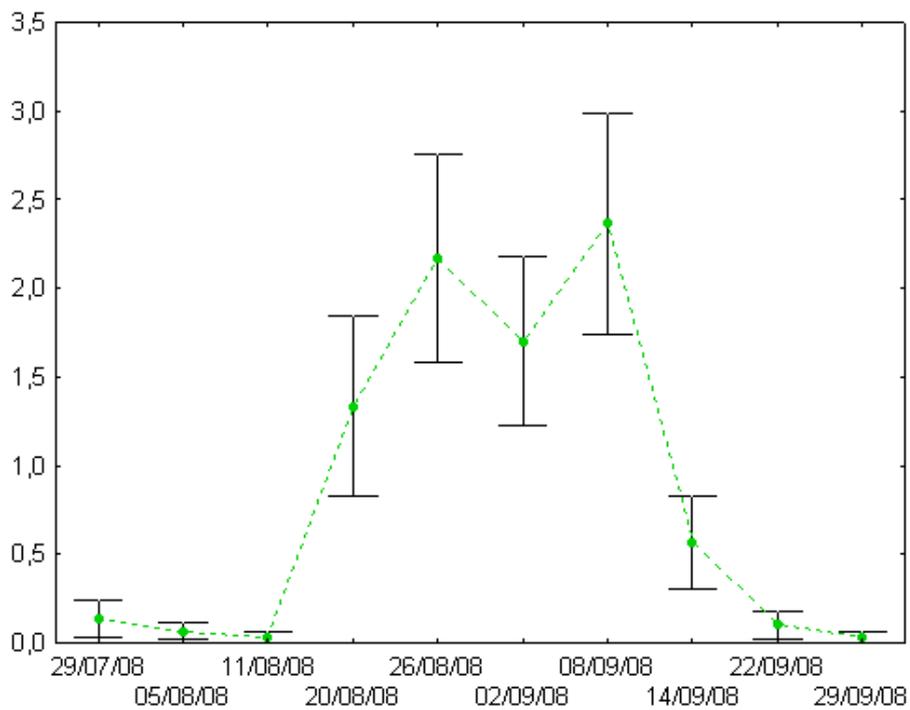


Figura 9. Valores medios (\pm EE) del número de secuencias de caza en las 30 estaciones con detector realizadas en las 10 campañas de muestreo durante el estudio 2008.

Número de secuencia de caza

El número total de secuencias de caza registrado ha sido de 255, con una media de 0.85 ± 2.15 (DE) por estación, un mínimo de cero y un máximo de 16 secuencias de caza por estación. El número medio de secuencias de caza por campaña ha oscilado entre un mínimo de 0.03 ± 0.18 en la tercera campaña (11/08/08), y un máximo de 2.36 ± 3.41 en la campaña del 08/09/08.

Una ANOVA demuestra la existencia de diferencias altamente significativas en el número medio de contactos entre campañas ($F_{9, 290} = 9.90$, $p < 0.0001$). La comparación a posteriori (Test Post Hoc de Tukey) muestra una clara diferencia entre las tres primeras campañas (29/07/08 a 11/08/08), y las campañas 4 a 7 (20/08/08 a 08/09/08), y nuevamente entre las campañas 8 a 10 (14, 22 i 29/09/08) y las 5 a 7 (26/08/08 a 08/09/08).

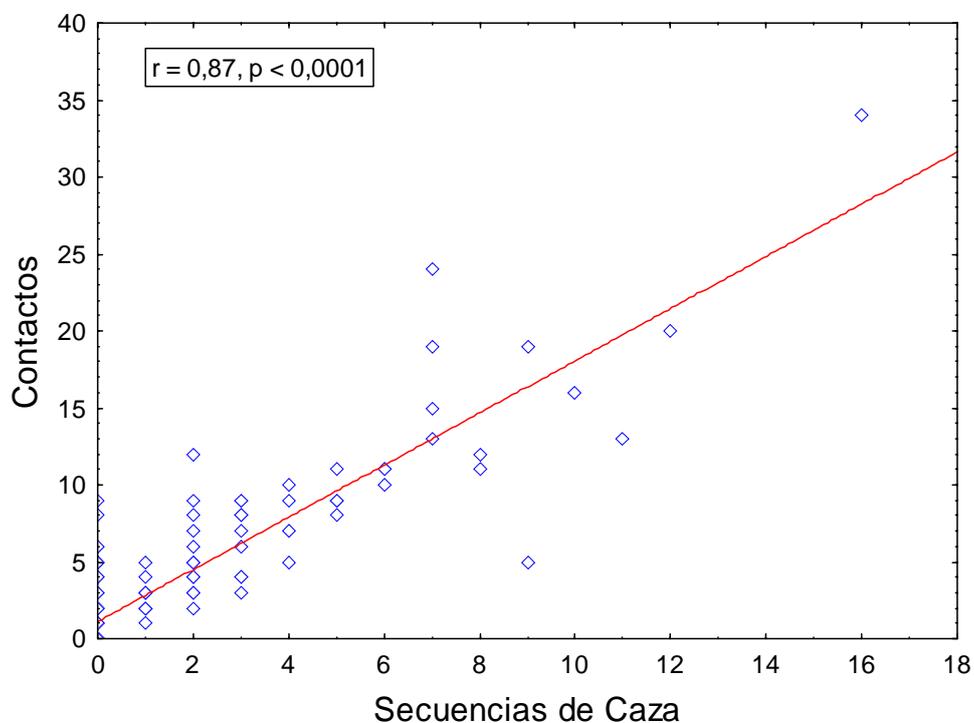


Figura 10. Regresió entre el número de contactos y el número de secuencias de caza por estación ($r = 0.87$, $p < 0.0001$; $n = 300$)

Comparación entre la curva de vuelo de la procesionaria y la actividad de los murciélagos

Las tres figuras anteriores muestran un patrón de actividad muy parecido en el caso de la curva de vuelo de la procesionaria y el caso de los contactos y las secuencias de caza de los murciélagos. Superponiendo las 3 figuras en una, se puede apreciar la similitud de las tres curvas, hecho que indica claramente que existe una asociación entre la actividad de los murciélagos y la curva de vuelo de la procesionaria. No obstante, el número de observaciones es relativamente bajo ($n = 10$). Para poder superar el problema del tamaño de la muestra se ha generado un modelo nulo para ver si la asociación entre las dos variables se puede considerar fruto del azar o realmente representa una asociación que se puede interpretar desde el punto de vista ecológico. En primer lugar suponemos que la variable independiente (número medio de mariposas por campaña de trampeo) tiene un efecto sobre la variable dependiente (número de contactos, número de secuencias de caza). Para ello testamos una hipótesis nula que dice que la variación de la variable dependiente que puede ser atribuida a la variable independiente no es más grande que la que se podría esperar del azar. Si podemos rechazar esta hipótesis, podremos concluir que existe una asociación entre las variables.

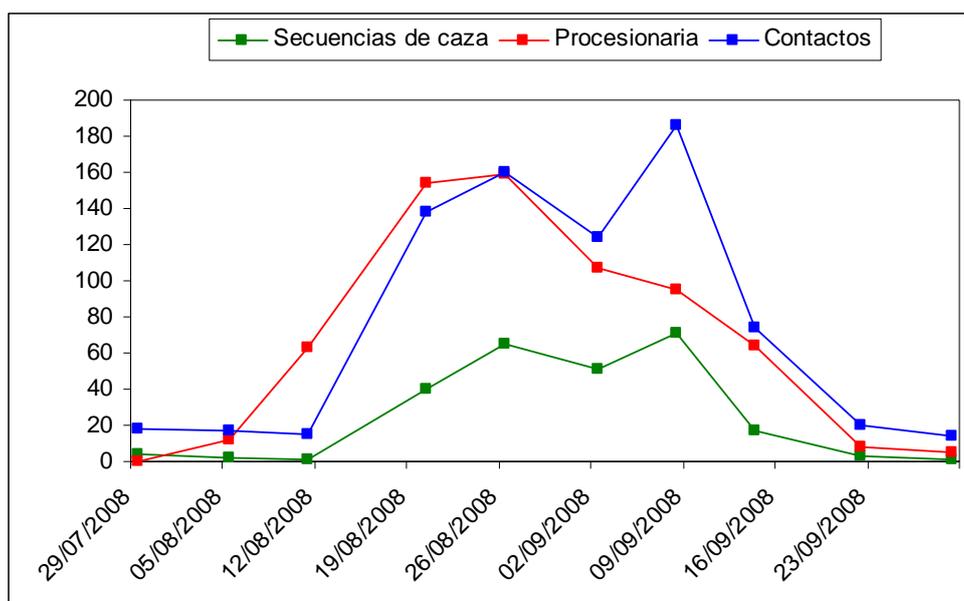


Figura 11. Valores medios para el número de contactos y secuencias de caza de los murciélagos, y para el número de mariposas capturadas en las trampas, en las 10 campañas de muestreo realizadas durante el estudio de 2008.

El modelo nulo es un generador de patrones que se basa en la randomización o aleatorización de los datos observados a partir de la distribución conocida. La aleatorización es un proceso que produce una variación estocástica de los datos para generar un patrón que cabría esperar en la ausencia de un mecanismo particular (Gotelli & Graves 1996).

Se ha utilizado el programa ECOSIM (Gotelli & Entsminger 2001) para generar un modelo nulo utilizando el módulo de regresión del programa.

Como se puede ver en las siguientes figuras, tanto el número medio de contactos como el número medio de secuencias de caza, se encuentran fuertemente correlacionados con el número medio de mariposas.

El programa realiza 1000 aleatorizaciones de los datos observados y calcula el coeficiente de regresión de cada uno de estos. Así pues, se generan 100 regresiones con los datos observados y con estos se genera la figura siguiente, que permite ver que todas las regresiones calculadas realizando aleatorizaciones de los datos del número medio de contactos y el número medio de mariposas, son inferiores al coeficiente de regresión obtenido de los datos observados ($r = 0.85$). Esto comporta que se puede rechazar la hipótesis nula, y que, por tanto, **la asociación entre el número medio de contactos y el de mariposas es altamente significativa.**

En el caso de las secuencias de caza, únicamente 6 randomizaciones obtienen coeficientes de regresión superiores al coeficiente observado ($r = 0.79$), y por tanto la probabilidad de obtener un coeficiente de regresión superior al obtenido es muy improbable ($p = 6/1000 = 0.006$). En este caso también rechazar la hipótesis nula, y que, por tanto, **la asociación entre el número medio de secuencias de caza y el de mariposas es significativa.**

Los resultados obtenidos muestran claramente una **correlación significativa entre el incremento de la actividad del vuelo de la procesionaria del pino y**

la actividad de los quirópteros (según el análisis estadístico: la asociación entre el número medio de contactos y el de mariposas es altamente significativa, y la asociación entre el número medio de secuencias de caza y el de mariposas es significativa). Por tanto, los resultados indican, a priori, que la comunidad de murciélagos ejerce una presión depredadora sobre las poblaciones de este lepidóptero. Cabe mencionar que los quirópteros, tal y como se ha mencionado anteriormente en este trabajo, manifiestan una conducta oportunista ante la disponibilidad de un recurso trófico: es por esto que su presión en los momentos de fuertes explosiones de mariposas, juega un papel ecológico fundamental a la hora de tratar de controlar esta plaga.

B. Cajas-refugio instalados en las islas Baleares

Se han instalado un total de 286 cajas-refugio para quirópteros en las islas Baleares, repartidas de la siguiente manera: 71 cajas en Mallorca; 50 cajas en Menorca; 145 cajas en Ibiza y 20 en Formentera. De éstas 164 son de madera (49 Mallorca y 115 Ibiza) y 122 son Schwegler. Estas últimas fueron instaladas de la siguiente manera: 72 en 2008 (22 Mallorca y 50 Menorca) y 50 en 2009 (30 Ibiza y 20 Formentera).

Los refugios contruidos con madera instalados durante los primeros años, resistieron mal la intemperie, lo que les produjo un importante deterioro, poniendo en peligro su durabilidad y funcionalidad. Por tanto, la poca durabilidad de los materiales supone un gran esfuerzo para su mantenimiento que, obviamente, va en detrimento de otras posibles tareas de campo, por lo que se ha decidido emplear exclusivamente los refugios Schwegler para este programa.

Una pequeña proporción de los refugios artificiales colocados han sido utilizados por aves para instalar sus nidos, pudiendo, con ello, impedir el uso por parte de los quirópteros.

Los resultados sobre la ocupación por parte de murciélagos de las cajas-refugio instaladas son actualmente bajos: sólo en cinco cajas se ha constatado

su ocupación, siendo siempre el murciélago enano (*Pipistrellus pipistrellus*) la especie que se ha hallado. Los refugios artificiales, normalmente, necesitan un período de tiempo más o menos dilatado para que puedan ser detectados y aceptados por parte de los quirópteros. Por tanto, es prematuro valorar los resultados de ocupación de los refugios artificiales, especialmente si tenemos en cuenta que los modelos Schwegler comenzaron a colocarse en 2008.

El propósito a largo plazo, es incrementar notablemente el número de refugios artificiales en las masas forestales de pino carrasco de las islas Baleares, con el fin, de cara a un futuro, de evaluar la ocupación de los refugios y poder facilitar la monitorización de la comunidad quiropterológica.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Ignasi Torre del Museu de Granollers por el asesoramiento y ayuda en los análisis estadísticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aihartza, J. R., Goiti, U., Almenar, D. & Garin, I. 2003. Evidences of piscivory by *Myotis capaccini* (Bonaparte, 1837) in Souther Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, 5(2): 193-198.
- Alcalde, J. T. 2006. Conservación de las colonias españolas de nóctulo mediano. *Quercus*, 247: 24 - 30.
- Benzal, J. 1990. El uso de cajas anidaderas para aves por murciélagos forestales. *Ecología*, 4: 207-212.
- Ceballos, P., Zamarro, J. & Carbonell, M. 1977. Los murciélagos, un programa forestal. *Bol. Estación Central de Ecología*, 6: 69-73.
- Cleveland, C. J., *et al.* 2006. "Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas." *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(5): 238-243.

- De Paz, O., De Lucas, J. & Arias, J. L. 2000. Cajas refugio para quirópteros y estudio de la población de murciélago orejudo dorado (*Plecotus austriacus* Linneo, 1758) en un área forestal de la provincia de Guadalajara. *Ecología*, 14: 295-268.
- Findley, J. S. 1993. *Bats. A Community Perspective*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Flaquer, C., Torre, I. & Arrizabalaga, A. 2007. Selección de refugios, gestión forestal y conservación de los quirópteros forestales. En: Camprodon, J., Plana, E. (Eds.), *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal: su aplicación en la fauna vertebrada*, Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Gotelli, N.J. & G.R. Graves. 1996. *Null models in ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Gotelli, N.J. & G.L. Entsminger. 2001. *EcoSim: Null models software for ecology*. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesy-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>
- Ibáñez, C., Juste, J., García-Mudarra, J. L. & Agirre-Mendi, P.T. 2001. Bat predation on nocturnally migrating birds. *Proc. Nat. Acad. Sci. (US)* 98: 9700–9702.
- Lee, Y. F. & McCracken, G. F. 2005. "Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects." *Journal of Mammalogy*, 86(1): 67-76.
- Núñez, L. 2008. Presencia de la procesionaria del pino (*Thaumetopea pityocampa* Den. & Schiff.) en Formentera (2007). In: Pons, G.X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears: 113-115 . Palma de Mallorca.
- Romanyk, N. & Cadahia, D. 2003. *Plagas de insectos en las masas forestales*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.