

# Influencia de los hábitats naturales adyacentes en la plaga del olivo *Prays oleae*

Á. Plata<sup>1</sup>, J. Moreno-Chocano<sup>1</sup>, J. Manjón-Cabezas<sup>1</sup>, M. Campos<sup>1</sup>, D. Paredes<sup>1,\*</sup>

(1) Grupo de Protección Vegetal. Departamento de Protección Ambiental. Estación Experimental del Zaidín, Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Profesor Albareda nº1, 18008, Granada. España.

\* Autor de correspondencia: D. Paredes [[arrendajo.paredes@gmail.com](mailto:arrendajo.paredes@gmail.com)]

> Recibido el 25 de enero de 2019 - Aceptado el 03 de junio de 2019

**Plata, A., Moreno-Chocano, J., Manjón-Cabezas, J., Campos, M., Paredes, D. 2019. Influencia de los hábitats naturales adyacentes en la plaga del olivo *Prays oleae*. *Ecosistemas* 28(3):107-114. Doi.: 10.7818/ECOS.1685**

Recientes investigaciones destacan al depredador *Anthocoris nemoralis* como un agente efectivo contra una importante plaga del olivar, *Prays oleae*. Este trabajo intenta corroborar que un incremento de la proporción de hábitats naturales cercanos al cultivo, unido a una alta abundancia de la plaga secundaria *Euphyllura olivina*, podría aumentar las poblaciones de *A. nemoralis*, y como consecuencia, si una mayor abundancia de este depredador mejoraría el control biológico de *P. oleae*. Para ello se muestreó la comunidad de artrópodos presente en nueve fincas con diferente composición paisajística durante cuatro momentos fenológicos clave del olivo, evaluando posteriormente, a través de modelos estadísticos, la relación entre los pares de especies y la proporción de hábitats naturales a diferentes distancias. En la época de floración se observó un efecto positivo entre la proporción de hábitats naturales adyacentes y la abundancia de *A. nemoralis* y *E. olivina* en la copa del olivo, así como una relación positiva entre la abundancia de ambas especies. Durante el desarrollo del fruto, mayores abundancias de *A. nemoralis* se asociaron a menores abundancias de *P. oleae*. Se refuerza la hipótesis de que tanto la superficie de hábitats naturales adyacentes al olivar como la presencia de la plaga secundaria *E. olivina* tienen un efecto positivo sobre la abundancia del depredador polífago *A. nemoralis*, y que este puede contribuir al control de la plaga *P. oleae*.

**Palabras clave:** control biológico; manejo del hábitat; *Anthocoris nemoralis*; *Prays oleae*; *Euphyllura olivina*

**Plata, A., Moreno-Chocano, J., Manjón-Cabezas, J., Campos, M., Paredes, D. 2019. Influence of surroundings natural habitats in the olive pest *Prays oleae*. *Ecosistemas* 28(3):107-114. Doi.: 10.7818/ECOS.1685**

Recent research highlights the predator *Anthocoris nemoralis* as an effective biocontrol agent against an important olive pest, *Prays oleae*. This work tries to corroborate that an increase of natural habitats proportion surrounding the crop, together with a high abundance of the secondary pest *Euphyllura olivina*, could increase the population of *A. nemoralis*, and as a consequence, if a higher abundance of this predator would improve the biological control of *P. oleae*. For this purpose, the community of arthropods present in nine farms with different landscape composition was sampled during four key phenological stages of olive tree. Statistical models were used to evaluate the relationship between pairs of species and the proportion of natural habitats at different distances. During flowering season, a positive effect between proportion of adjacent natural habitats and the abundance of *A. nemoralis* and *E. olivina* on the olive tree crown was observed, as well as a positive relationship between the abundance of both species. During fruit development, higher abundances of *A. nemoralis* were associated with lower abundances of *P. oleae*. Assessed hypothesis are reinforced, surface of natural habitats surroundings olive groves and presence of the secondary pest *E. olivina* have a positive effect on the abundance of the polyphagous predator *A. nemoralis*, and this can contribute to the control of the pest *P. oleae*.

**Key words:** biological control; habitat management; *Anthocoris nemoralis*; *Prays oleae*; *Euphyllura olivina*.

## Introducción

Las prácticas agrícolas llevadas a cabo en el último siglo se han asociado a una serie de impactos ambientales negativos (Evenson y Gollin 2003), provocando el detrimento de numerosos servicios ecosistémicos (Dale y Polasky 2007). El uso masivo de insecticidas de amplio espectro, junto con el desarrollo del monocultivo y la eliminación de hábitats naturales adyacentes, entre otros factores, han supuesto un brusco descenso en la diversidad y abundancia de enemigos naturales de plagas (Nichols 2008), alterando relaciones tróficas fundamentales para mantener la abundancia de fitófagos por debajo del umbral económico de daños.

## Manejo del hábitat para conservar y restablecer las poblaciones de enemigos naturales

El manejo del hábitat es un método de control biológico por conservación cuyo objetivo es crear infraestructuras ecológicas adecuadas dentro del cultivo o en el paisaje agrícola que provean de recursos tales como alimento y refugio para la fauna auxiliar (Landis et al. 2000). La funcionalidad de los diferentes tipos de vegetación no cosechada variará en función de las plagas que se quieran controlar y las condiciones bióticas y abióticas de cada agroecosistema. Por ejemplo, los enemigos generalistas muestran una relación positiva con la complejidad paisajística a una escala de distancia mayor que los enemigos especialistas, lo cual sugiere que la estra-

tegia de manejo debe ser diferente según qué especies de enemigos naturales se quieran implementar (Chaplin-Kramer et al. 2011). La comunidad de especies que alberga la vegetación adyacente a los cultivos, así como la distancia entre el cultivo y estos hábitats es de gran importancia, pero hace falta mayor evidencia experimental para realizar recomendaciones detalladas sobre el diseño de la composición y configuración de los paisajes agrícolas con el objetivo de aumentar la eficacia de enemigos naturales (Tschamntke et al. 2007). A pesar de que la mayoría de estudios han reportado que la proporción de enemigos naturales aumenta en paisajes irregulares complejos con alta proporción de hábitats no cosechados en comparación con paisajes simples (Bianchi et al. 2006), existe más disparidad acerca del efecto sobre la supresión de plagas (Karp et al. 2018), siendo necesaria una mayor evidencia que refuerce esta hipótesis (Griffiths et al. 2008; Chaplin-Kramer et al. 2011).

En el olivar, tanto la biodiversidad como la estructura del paisaje son factores clave para la abundancia de fauna auxiliar (Paredes y Campos 2013), habiéndose evidenciado una relación positiva entre la mayoría de enemigos naturales y la complejidad paisajística (Paredes et al. 2013), demostrándose que además de las cubiertas vegetales, las manchas de vegetación natural cercanas al cultivo tienen una incidencia positiva sobre varios grupos de enemigos naturales.

### La plaga *Prays oleae* y el depredador *Anthocoris nemoralis*

La polilla del olivo (*Prays oleae*) es un lepidóptero ampliamente distribuido que constituye una de las plagas más importantes del olivar (Aldebis 2004). Desarrolla tres generaciones anuales, cada una de las cuales especializada en un órgano de la planta. La generación carpófaga es la que más daños directos genera, provocando la caída del fruto (Bejarano-Alcázar et al. 2011). Se piensa que el depredador *Anthocoris nemoralis*, uno de los más abundantes en el olivar, puede mejorar el control biológico de *P. oleae* (Paredes et al. 2017).

*A. nemoralis* es un hemíptero muy voraz en todos sus estadios móviles, nutriéndose activamente de psílidos, aunque puede sobrevivir alimentándose de otros fitófagos como áfidos, ácaros, trips, huevos de lepidópteros y larvas de dípteros (Sigsgaard 2010). Coloniza plantas con presencia de psílidos, que son su presa predilecta (Horton et al. 2004), siendo un importante agente de control biológico en cultivos perennes, principalmente en peral, donde se le asocia con el control biológico del género *Cacopsylla* (Shaltiel y Coll 2004). En el olivar, la presencia de *A. nemoralis* puede estar motivada por la presencia del psílido *Euphyllura olivina*, un insecto fitófago muy frecuente, pero que no suele ocasionar daños que justifiquen una intervención, por lo que es considerado una plaga secundaria (Bejarano-Alcázar et al. 2011). Se piensa que *A. nemoralis* podría ejercer un control sobre *P. oleae* ya que se ha demostrado la presencia de restos de *P. oleae* en el interior del sistema digestivo de adultos de *A. nemoralis* capturados en el campo (Morris et al. 1999). Además, la presencia de *A. nemoralis* en el cultivo está estrechamente relacionada con la vegetación adyacente al mismo, especialmente con la vegetación arbórea perenne, donde se piensa que hiberna (Horton y Lewis 2000). Esto ha sido constatado en el peral, donde se ha observado que árboles más cercanos a la especie *Crataegus monogyna* tenían una mayor abundancia de *A. nemoralis* y una densidad menor de la psila del peral (Shaltiel y Coll 2004), lo cual pone de manifiesto que el manejo de hábitat puede ser una estrategia efectiva para favorecer las poblaciones de este depredador. En el olivar se ha observado un efecto positivo de las grandes manchas de vegetación leñosa, compuestas principalmente por *Phyllirea angustifolia* L. y *Quercus rotundifolia* Lam., sobre la abundancia de *A. nemoralis* (Paredes et al. 2013).

Se hipotetiza por tanto que un aumento en la cantidad de hábitats naturales cercanos al cultivo incrementaría la abundancia de *Anthocoris nemoralis*. Además, este depredador podría verse atraído hacia las zonas del cultivo que presenten una mayor abundancia de la plaga secundaria *Euphyllura olivina*. Una vez en el olivar *A. nemoralis* podría depredar sobre la plaga primaria *P. oleae*, re-

duciendo de esta forma su abundancia. Este trabajo pretende arrojar luz sobre las cuestiones anteriores y comprobar si, como sugieren estudios previos, el incremento en la abundancia de *A. nemoralis* se traduce en una reducción de la plaga *P. oleae*.

## Material y métodos

### Área de estudio y caracterización del paisaje

Para el estudio se seleccionaron nueve fincas oliveras de la provincia de Granada. Todas las fincas seleccionadas poseían una superficie superior a 10 ha y eran variedad "picual", la más abundante en la zona. Además, se encontraban en régimen de secano. Para que fuese posible la colocación de tres parcelas de muestreo que estuviesen separadas al menos 300 metros las unas de las otras. Además, se procuró que estas nueve fincas conformaran un gradiente de vegetación natural rodeándolas. El marco de plantación de estas fincas era de 10 x 10 m. La cobertura vegetal del suelo variaba entre fincas pero desistimos de analizar este factor debido a que en estudios previos en nuestro laboratorio no se ha detectado un efecto de la cubierta vegetal en la abundancia de plagas (Rodríguez et al. 2009; Paredes et al. 2013). Todas las fincas estaban manejadas según los criterios de la agricultura integrada, es decir, los tratamientos se hacen siguiendo las recomendaciones de una red de avisos, en este caso la RAIF (Red de Alerta e Información Fitosanitaria).

Cada una de estas parcelas de muestreo estaba configurada por un cuadrado de 49 olivos cada una (7 olivos x 7 olivos). El cordón exterior de olivos fue dejado para evitar que posibles tratamientos químicos no perturbasen el interior de la parcela. No obstante no se realizó ningún tratamiento químico durante el año de estudio. Del cuadrado restante de 5 olivos x 5 olivos que contenía un total de 25 árboles, se escogieron para el muestreo 9 árboles de forma alterna siempre dejando un árbol de espacio entre los árboles muestreados comenzando por una esquina del cuadrado que configuraba la parcela experimental.

La situación de las parcelas de muestreo se hizo siguiendo criterios de proximidad a manchas de vegetación natural, procurando que una de ellas estuviese cerca de una gran mancha de vegetación, otra cercana a una mancha intermedia y la última alejada de cualquier mancha de vegetación natural. Estas manchas estaban principalmente compuesta por especies de género *Quercus* así como otras especies típicas del monte mediterráneo *Cystus albidus*, *Rubus ulmifolius*, *Dittrichia viscosa*, *Ulex parviflorus* y *Crataegus monogyna* entre otras. Para la caracterización paisajística se consideró como zona de influencia un área comprendida dentro de una circunferencia de 1000 metros de radio a partir del punto medio de cada parcela. Utilizando el software ArcMap 10.3 (ESRI Inc. Redlands, CA, USA, 2015) se procedió a la caracterización del paisaje de cada uno de los olivares. Para ello se mapeó la superficie mediante la utilización de ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de España (PNOA), categorizándose los diferentes usos de suelo como olivar, vegetación natural, otra agricultura, antropogénico y masas de agua. A partir del punto medio de cada parcela, se generaron buffers a diferentes distancias. Debido a que manchas de vegetación natural más cercanas al punto de muestreo pueden tener una influencia mayor que aquellas que se encuentran más distantes se decidió hacer buffers de 25 metros hasta una distancia de 300 metros. A partir de esta distancia los buffers fueron generados a una distancia de 100 metros hasta alcanzar los 1000 metros que tiene el radio total. Dentro de cada uno de los anillos que se formaron después de realizar este proceso, se calculó la superficie ocupada por vegetación natural, quedando asignada una proporción de vegetación natural a cada parcela y para cada una de las distancias consideradas.

### Muestreo de artrópodos

Para caracterizar la comunidad de entomofauna de cada parcela se realizaron 4 muestreos en diferentes fechas entre los meses de abril a julio del año 2016. Estas fechas, elegidas por coincidir con estados fenológicos principales descritos por Sanz et al. (2002):

07/04/2016 (Desarrollo de yemas; Estado principal de crecimiento 0); 27/04/2016 (Desarrollo de brotes; Estado principal de crecimiento 1); 31/05/2016 (Floración; Estado principal de crecimiento 6); 23/06/2016 (Desarrollo de fruto; Estado principal de crecimiento 7).

Para la recolección de artrópodos se empleó un aspirador tipo mochila G855 (John W. Hock Company, Gainesville, Florida, USA) durante 1 minuto y 20 segundos, procurando repartir el tiempo de forma homogénea entre las diferentes partes de la copa del árbol. Una vez catalogados los artrópodos recolectados se utilizaron los datos de abundancia de *P. oleae*, *E. olivina* y *A. nemoralis* para realizar los diferentes análisis y de esta forma cumplir con los objetivos propuestos.

## Análisis de datos

Para los análisis estadísticos se trabajó bajo el ambiente de R 3.2.3 (R Development Core Team 2015) y se utilizó el paquete "lme4" (Bates et al. 2013). Una vez comprobada la normalidad de los datos, se utilizaron correlaciones Pearson para detectar la distancia a la cual el efecto de la vegetación natural era mayor. Una vez determinada esta distancia se realizaron modelos lineales generalizados mixtos con distribución de errores de tipo Poisson que explicaran la abundancia de cada especie (variable respuesta o explicada) en función de: (i) la cantidad de hábitat natural a la distancia determinada y (ii) la abundancia de la especie que se considera pueda tener una influencia sobre otra especie. Debido a que las correlaciones significativas existentes entre las diferentes especies y el hábitat natural se desestimó la posibilidad de realizar modelos que incluyeran ambas variables como predictoras. En todos los modelos generados se tomó como variable aleatoria las nueve fincas donde se sitúan las 27 parcelas para poder obtener conclusiones más generales. Se comprobó la sobre dispersión de los modelos mediante la función 'dispersiontest' del paquete AER (Kleiber y Zeileis 2008). Para cada una de las variables respuesta que se querían testar, se realizaron dos modelos, uno con la variable predictora y otro sin ella. Estos modelos fueron comparados con el método de máxima verosimilitud mediante un test ANOVA (Zuur et al. 2009). Se estableció un nivel de significación de p-valor menor de 0,05 para considerar la variable predictora como significativa en comparación con el modelo que no la contenía.

## Resultados

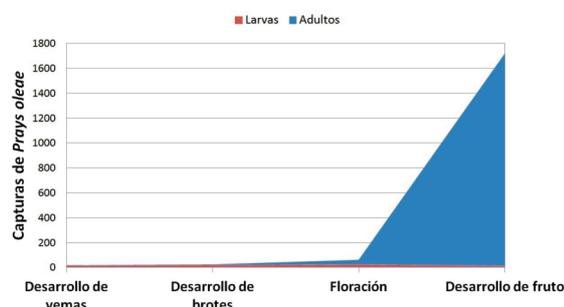
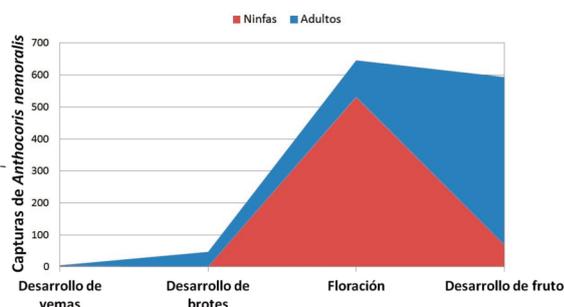
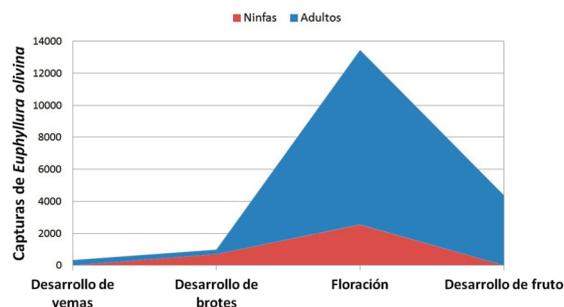
### Dinámicas temporales de las especies objetivo

En el caso de *E. olivina* y *A. nemoralis*, en los dos primeros muestreos, que se realizaron los días 7 y 27 de abril, las capturas fueron escasas respecto a los dos siguientes. En ambos se registró la máxima abundancia cuando el olivo se encuentra en floración. Se observó un descenso brusco de la población de *E. olivina* cuando el fruto ha cuajado (Fig. 1). Al contrario que *E. olivina*, la abundancia de *A. nemoralis* se mantuvo relativamente estable entre la época de floración y la de desarrollo del fruto, aunque hay que señalar las diferencias en su composición en cuanto a la fase de los individuos, en la época de floración la mayoría de ellos se encuentran en estado de ninfa (82% de ninfas frente a 18% de adultos), mientras que durante el desarrollo del fruto se detectó el fenómeno opuesto (12% de ninfas frente a 88% de adultos; Fig. 1). Las capturas de *P. oleae* son escasas hasta que la floración concluye. Prácticamente la totalidad de los individuos de esta especie se capturó en estado adulto y con la aceituna cuajada. (Fig. 1). Posiblemente, no se capturaron larvas debido al método de muestreo utilizado.

### Influencia de los hábitats naturales sobre las especies objetivo

#### • *Anthocoris nemoralis*

La relación entre la abundancia de *A. nemoralis* y la proporción de vegetación natural fue estudiada únicamente durante la floración (31 de mayo) y el desarrollo del fruto (23 de junio), ya que en los muestreos anteriores la abundancia fue escasa respecto a estas fechas.

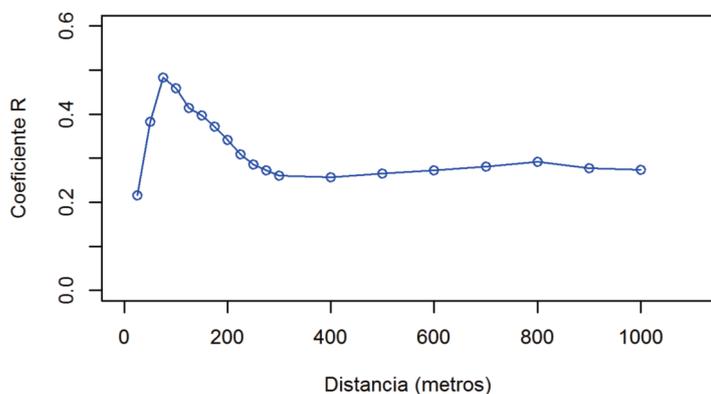


**Figura 1.** Abundancia de *Euphyllura olivina*, *Anthocoris nemoralis* y *Prays oleae* durante las cuatro fechas de muestreo; Desarrollo yemas: 7/4/16; Desarrollo de brotes: 27/4/16; Floración: 31/5/16; Desarrollo de fruto: 23/6/16. Se recoge además el estado (Ninfa/Adulto) de los individuos capturados.

**Figure 1.** Abundance of *Euphyllura olivina*, *Anthocoris nemoralis* and *Prays oleae* during the four sampling dates; Bud development: 7/4/16; Shoot development: 27/4/16; Flowering: 31/5/16; Fruit development: 23/6/16. The status (Nymph / Adult) of the captured individuals is also registered.

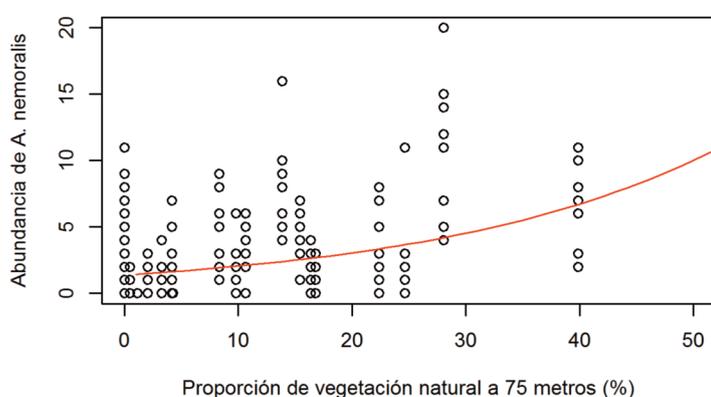
**Floración:** En esta época las correlaciones obtenidas mostraron una relación positiva entre la proporción de vegetación natural y la abundancia de *A. nemoralis* (Fig. 2). Esta relación fue significativa a todas las distancias consideradas. Entre 50 y 200 metros de distancia se obtuvieron los mayores coeficientes, alcanzando el máximo a una distancia de 75 metros ( $R=0.483$ ;  $P\text{-valor}=1.33 \cdot 10^{-15}$ ). Se utilizó la proporción de vegetación natural a esta distancia como variable predictora para generar un modelo que explicara la abundancia de *A. nemoralis*. El análisis de varianza entre los dos modelos ( $\chi^2=103.43$ ;  $P\text{-valor}<2.2 \cdot 10^{-16}$ ) mostró que la proporción de vegetación natural contenida en un buffer de 75 metros es un factor que mejora significativamente el modelo predictivo de la abundancia de *A. nemoralis*, dándose una relación positiva entre ambas variables (Fig. 3).

**Desarrollo de fruto:** Al contrario que en la fecha anterior, los coeficientes de Pearson mostraron una relación negativa entre la abundancia de *A. nemoralis* y la proporción de vegetación natural (Fig. 4). Esta correlación fue significativa únicamente entre 50 y 200 metros de distancia. Sin embargo, el modelo generado no pudo ser validado ya que el análisis de varianza con el modelo que no incluía la variable explicativa propuesta no mostró diferencias significativas ( $\chi^2=3.38$ ;  $P\text{-valor}=0.066$ ).



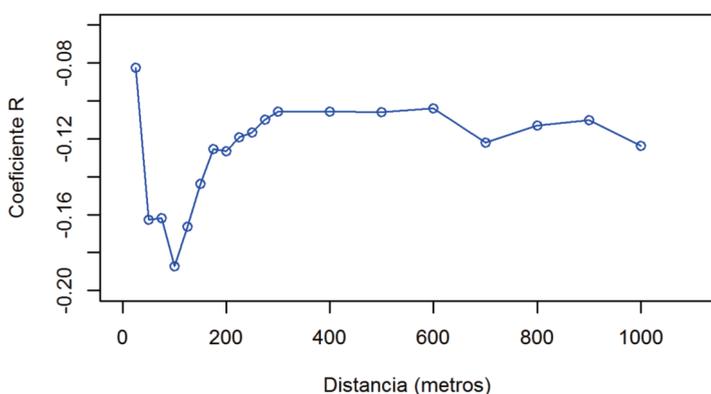
**Figura 2.** Coeficiente R de Pearson entre la abundancia de *A. nemoralis* el 31 de mayo (floración) y la proporción de vegetación natural dentro de los buffers considerados.

**Figure 2.** Pearson R coefficient between *A. nemoralis* abundance on May 31 (flowering) and natural vegetation proportion within considered buffers.



**Figura 3.** Modelo que relaciona la abundancia de *A. nemoralis* el 31 de mayo (floración) y la proporción de vegetación natural dentro de un buffer de 75 metros.

**Figure 3.** Model that relates *A. nemoralis* abundance on May 31 (flowering) to natural vegetation proportion within a 75 meters buffer.



**Figura 4.** Coeficiente R de Pearson entre la abundancia de *A. nemoralis* el 23 de junio (desarrollo de fruto) y la proporción de vegetación natural dentro de los buffers considerados.

**Figure 4.** Pearson R coefficient between *A. nemoralis* abundance on June 23 (fruit development) and natural vegetation proportion within considered buffers.

#### • *Euphyllura olivina*

Como ocurre con *A. nemoralis*, la relación entre la abundancia de *E. olivina* y la proporción de hábitats naturales fue estudiada en las épocas de floración y desarrollo del fruto.

**Floración:** Los coeficientes de Pearson mostraron una relación positiva significativa entre la abundancia de *E. olivina* y la proporción de vegetación natural a un intervalo de distancia entre 50 y 150 metros (Fig. 5). El máximo valor se alcanzó a una distancia de 75 metros ( $R=0.263$ ;  $P\text{-valor}=3.34 \cdot 10^{-5}$ ). Cabe destacar que sigue un patrón similar a *A. nemoralis* a distancias pequeñas, coincidiendo tanto el intervalo como el pico de máximo efecto, aunque en el caso de *E. olivina* los coeficientes son más pobres y a partir de 175 metros la relación deja de ser significativa. El modelo generado mostró diferencias significativas con el modelo que no incluía la variable predictora propuesta ( $\chi^2=329.99$ ;  $P\text{-valor}<2.2 \cdot 10^{-16}$ ). Es decir, la proporción de vegetación natural dentro de un área de influencia de 75 metros de radio se mostró como una variable con un efecto positivo sobre la abundancia de *E. olivina* en esta fecha (Fig. 6).

**Desarrollo de fruto:** Los coeficientes de correlación de Pearson entre la abundancia de *E. olivina* el 23 de junio y la proporción de vegetación natural son similares a los obtenidos en floración (Fig. 7). No se recoge el modelo generado debido a su similitud con el de la fecha anterior, pudiéndose asumir que la dinámica no cambia.

#### • *Prays oleae*

El efecto de los hábitats naturales sobre esta especie sólo fue estudiado en la época de desarrollo del fruto debido a la escasez de capturas en los muestreos anteriores. La proporción de vegetación natural sólo mostró una correlación significativa con la abundancia de *P. oleae* a una distancia de 25 metros (Coef. $R=-0.189$ ;  $P\text{-valor}=3.29 \cdot 10^{-6}$ ), dándose una relación inversa entre ambas variables (Fig. 8). El modelo generado (Fig. 9) mostró diferencias significativas con el modelo que no incluía la variable predictora propuesta ( $\chi^2=21.64$ ;  $P\text{-valor}<2.2 \cdot 10^{-16}$ ). Por lo tanto, la proporción de vegetación natural dentro de un buffer de 25 metros se mostró como un factor con un efecto negativo sobre la abundancia de *P. oleae* en esta fecha. No obstante, este modelo hay que tomarlo con cautela debido a la escasez de puntos de muestreo con presencia de vegetación natural a una distancia inferior a 25 metros.

#### Interacción entre las especies que forman el complejo

Se pretendía evaluar por un lado la atracción que ejerce *E. olivina* hacia *A. nemoralis* y por otro la depredación de *A. nemoralis* sobre *P. oleae*. Ambos fenómenos se ven reflejados en la matriz de correlación de Pearson que enfrenta la abundancia de los pares de especies (Tabla 1), en la que se observa una relación positiva entre la abundancia de *A. nemoralis* y la de *E. olivina* durante la floración (31 de mayo) y una relación negativa entre la abundancia de *P. oleae* y la de *A. nemoralis* tras el desarrollo de fruto (23 de junio).

#### • Atracción de *E. olivina* hacia *A. nemoralis*

La relación entre *E. olivina* y *A. nemoralis* con el olivo en flor (31 de mayo) arrojó el mayor valor de los coeficientes R entre las especies enfrentadas en la matriz de Pearson (Tabla 1). Aunque la abundancia de ambas especies mostró durante la floración una relación positiva de gran significación ( $R=0.610$ ;  $P\text{-valor}<2.2 \cdot 10^{-16}$ ), durante el desarrollo del fruto (23 de junio) se pierde la relación entre ambas especies (Coef. $R=0.077$ ;  $P\text{-valor}=0.2319$ ). En la época de floración, el modelo que contenía la abundancia de *E. olivina* como variable predictora de la abundancia de *A. nemoralis* mostró diferencias significativas con el modelo que no la contenía ( $\chi^2=128.05$ ;  $P\text{-valor}<2.2 \cdot 10^{-16}$ ), por lo que la abundancia de *E. olivina* demostró ser un factor con un efecto positivo sobre la abundancia de *A. nemoralis* (Fig. 10).

**Tabla 1.** Matriz de correlación de Pearson entre la abundancia de las especies estudiadas en las fechas en que su población fue relevante. T3: Floración (31/7); T4: Desarrollo del fruto (23/6).

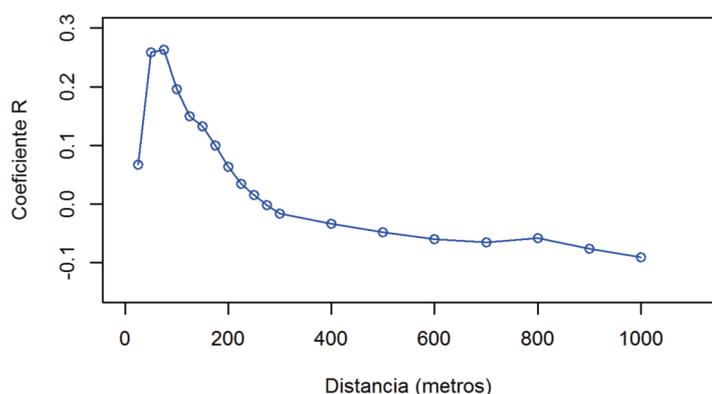
**Table 1.** Pearson correlation matrix between studied species abundances when populations were relevant. T3: Flowering (May 31); T4: Fruit development (June 23).

Coeficiente R					
	<i>E. olivina</i> en T3	<i>A. nemoralis</i> en T3	<i>E. olivina</i> en T4	<i>A. nemoralis</i> en T4	<i>P. oleae</i> en T4
<i>E. olivina</i> en T3	1				
<i>A. nemoralis</i> en T3	0.610	1			
<i>E. olivina</i> en T4	0.612	0.476	1		
<i>A. nemoralis</i> en T4	0.266	0.026	0.077	1	
<i>P. oleae</i> en T4	0.084	0.092	0.085	-0.144	1

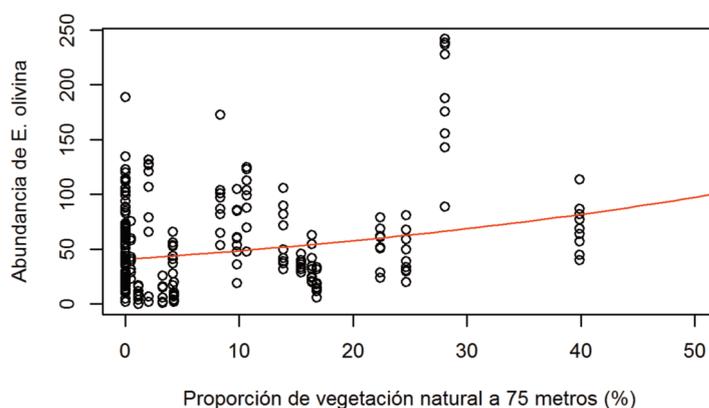
Valor P					
	<i>E. olivina</i> en T3	<i>A. nemoralis</i> en T3	<i>E. olivina</i> en T4	<i>A. nemoralis</i> en T4	<i>P. oleae</i> en T4
<i>E. olivina</i> en T3					
<i>A. nemoralis</i> en T3	<2.2E-16**				
<i>E. olivina</i> en T4	<2.2E-16*	3.38E-14*			
<i>A. nemoralis</i> en T4	0.0001555*	0.8961	0.2319		
<i>P. oleae</i> en T4	0.3588	0.2114	0.1846	0.0243**	

\*Variables correlacionadas con i.c. del 95%; \*\*Se propone para generar modelo



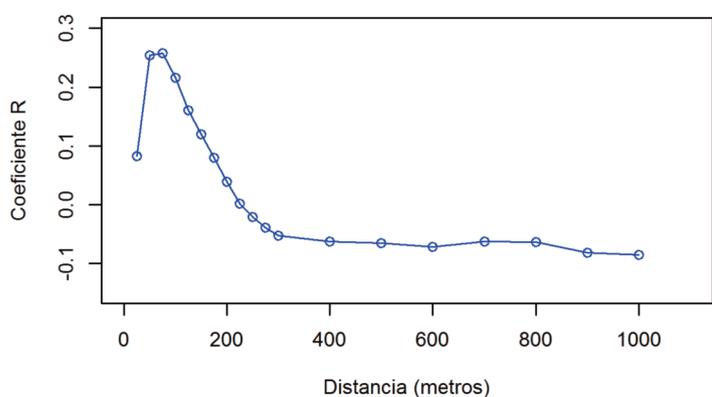
**Figura 5.** Coeficiente R de Pearson entre la abundancia de *E. olivina* el 31 de mayo (floración) y la proporción de vegetación natural dentro de los buffers considerados.

**Figure 5.** Pearson R coefficient between *E. olivina* abundance on May 31 (flowering) and natural vegetation proportion within considered buffers.



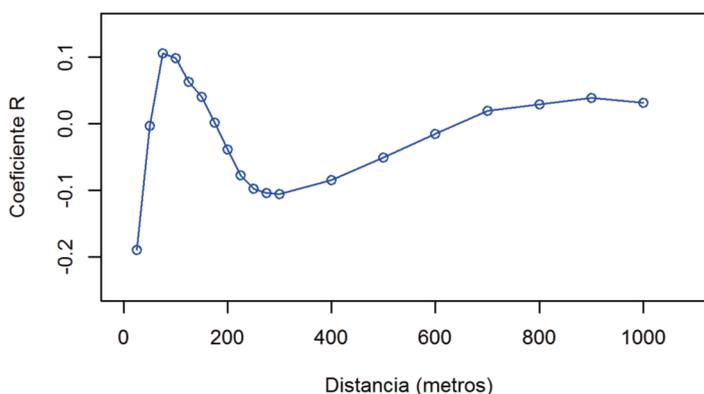
**Figura 6.** Modelo que relaciona la abundancia de *E. olivina* el 31 de mayo (floración) y la proporción de vegetación natural dentro de un buffer de 75 metros.

**Figure 6.** Model that relates *E. olivina* abundance on May 31 (flowering) to natural vegetation proportion within a 75 meters buffer.



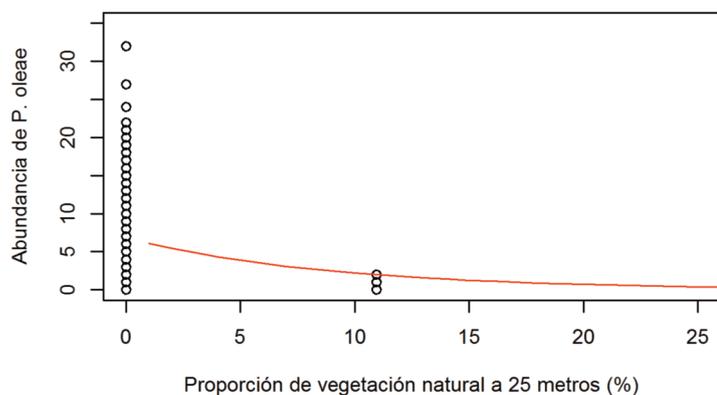
**Figura 7.** Coeficiente R de Pearson entre la abundancia de *E. olivina* el 23 de junio (desarrollo de fruto) y la proporción de vegetación natural dentro de los buffers considerados.

**Figure 7.** Pearson R coefficient between *E. olivina* abundance on June 23 (fruit development) and natural vegetation proportion within considered buffers.



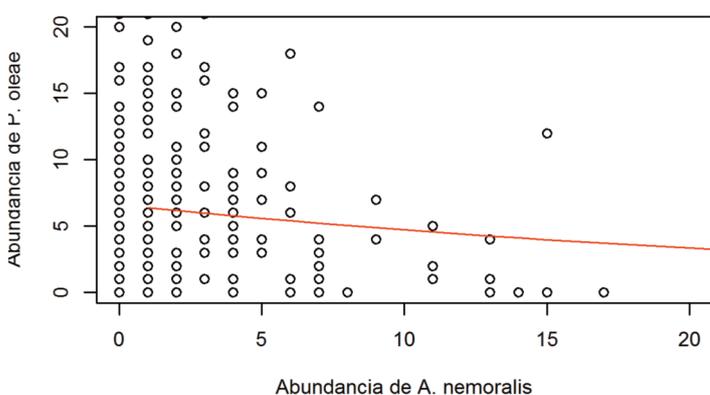
**Figura 8.** Coeficiente R de Pearson entre la abundancia de *P. oleae* el 23 de junio (desarrollo de fruto) y la proporción de vegetación natural dentro de los buffers considerados.

**Figure 8.** Pearson R coefficient between *P. oleae* abundance on June 23 (fruit development) and natural vegetation proportion within considered buffers.



**Figura 9.** Modelo que relaciona la abundancia de *P. oleae* el 23 de junio (desarrollo de fruto) y la proporción de vegetación natural dentro de un buffer de 25 metros.

**Figure 9.** Model that relates *P. oleae* abundance on May 31 (fruit development) to natural vegetation proportion within a 25 meters buffer.



**Figura 11.** Modelo que relaciona la abundancia de *P. oleae* con la abundancia de *A. nemoralis* el 23 de junio (desarrollo de fruto).

**Figure 11.** Model that relates *P. oleae* abundance to *A. nemoralis* abundance on June 23 (fruit development).

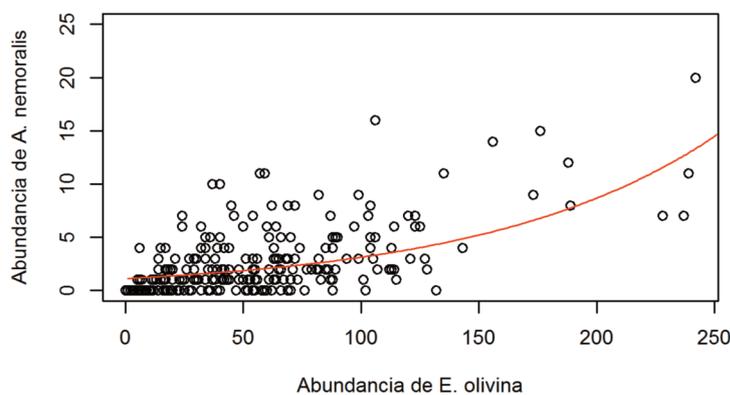
#### • Depredación de *Anthocoris nemoralis* sobre *Prays oleae*

Atendiendo a los valores de la matriz de Pearson (Tabla 1), se apreció un efecto negativo de la abundancia de *A. nemoralis* sobre la abundancia de *P. oleae* durante el desarrollo del fruto ( $R=-0.144$ ;  $P\text{-valor}=0.0243$ ). Se validó el modelo que incluía la abundancia de *A. nemoralis* como variable predictora de la abundancia de *P. oleae*, al mostrar diferencias significativas con el modelo que no incluía la variable predictora ( $\chi^2=9.5$ ;  $P\text{-valor}=0.002$ ). Por lo tanto, en esta fecha la abundancia de *A. nemoralis* se mostró como un factor con un efecto negativo sobre la abundancia de *P. oleae*, cuyo tamaño queda representado en la gráfica de la figura 11.

## Discusión

Existen multitud de relaciones que pueden influenciar de uno u otro modo la activación del control natural de plagas en el olivar. El presente trabajo se ha centrado en el estudio de tres especies que podrían estar relacionadas entre sí y cuyo correcto conocimiento podría ser de gran utilidad a olivares, reduciendo los insumos utilizados para controlar ciertas plagas.

*Euphyllura olivina* es la especie del complejo estudiado que primero aparece en el olivar, la relación positiva observada entre la proporción de hábitats naturales cercanos al cultivo y su abundancia parece indicar que estas infraestructuras vegetales sirven



**Figura 10.** Modelo que relaciona la abundancia de *A. nemoralis* con la abundancia de *E. olivina* el 31 de mayo (floración).

**Figure 10.** Model that relates *A. nemoralis* abundance to *E. olivina* abundance on May 31 (flowering).

como reservorio de esta especie, aunque este fenómeno debería ser estudiado ya que no hay ningún trabajo anterior que apoye esta idea. De acuerdo con los estudios sobre el ciclo biológico de *E. olivina* y su baja resistencia a altas temperaturas (Ksantini et al. 2000), su abundancia registra un descenso brusco tras el desarrollo de la aceituna.

La alta correlación observada entre la proporción de hábitats naturales y la abundancia de *A. nemoralis* durante la floración del olivo podría indicar que este tipo de infraestructura ecológica actúa también como reservorio de esta especie, de acuerdo con anteriores estudios que se han llevado a cabo en olivos (Paredes et al. 2013) y en otros cultivos (Shaltiel y Coll 2004), dándose un intercambio entre estos hábitats y las zonas de cultivo. Según los resultados obtenidos, el efecto de la presencia de hábitats naturales es máximo a distancias relativamente pequeñas (hasta 200 metros) tanto para el depredador *A. nemoralis* como para el fitófago *E. olivina*, pero en el caso de *A. nemoralis* este efecto se mantiene a distancias mayores, al menos hasta 1000 metros, lo cual refleja su alta capacidad de dispersión, una cualidad importante para obtener buenos resultados a través del manejo del paisaje.

Son varios los estudios que relacionan la abundancia del depredador *A. nemoralis* con la de psyllidos (Horton et al. 2004; Shaltiel y Coll 2004; Sigsgaard 2010). En el olivar, la presencia de *A. nemoralis* puede estar motivada por la presencia del psílido *Euphyllura olivina* (Paredes et al. 2017). Esta hipótesis queda reforzada por los resultados de este trabajo, encontrándose una alta correlación entre la abundancia de *A. nemoralis* y la de *E. olivina* en el período de floración. Una alta población de *E. olivina* provocaría una gran atracción de *A. nemoralis* desde los hábitats naturales que rodean al cultivo. *A. nemoralis* acudiría desde la vegetación natural hacia el olivar en búsqueda de alimento capaz de soportar la primera generación de este insecto al inicio de la temporada después de la hibernación. Al llegar al olivo, *A. nemoralis* realizaría una puesta de huevos, lo cual explica la alta abundancia de ninfas de *A. nemoralis* observada en la época de floración, momento en el cual se alcanza el pico de abundancia de *E. olivina*. Los mecanismos que provocan esta atracción podrían estar relacionados con los volátiles que emite el árbol al ser atacado por un fitófago (Dwumfour 1992) aunque este hecho aun no ha sido constatado en olivos.

Al contrario que le ocurre a *E. olivina*, la población de *A. nemoralis* se mantiene relativamente estable cuando la floración concluye, momento en el que emergen los adultos de la generación antófaga de *P. oleae* y comienzan a realizar la puesta de la generación carpófaga (Aldebis et al. 2004). El hecho de que *A. nemoralis* desarrolle un ciclo completo en la copa del olivo, unido

a su carácter polífago (Sigsgaard 2010), da a entender que podría estar depredando sobre otras especies que se encuentren en la copa del olivo en ese momento. Estos podrían ser los huevos de *P. oleae*, hecho planteado en estudios anteriores en los cuales se ha observado una relación negativa entre la abundancia de *A. nemoralis* y los adultos de *P. oleae* (Paredes et al. 2015). Esta hipótesis se refuerza por otros estudios, que han demostrado mediante técnicas serológicas la presencia de restos de *P. oleae* en el interior del sistema digestivo de adultos de *A. nemoralis* capturados en el campo (Morris et al. 1999). Antes de la aparición de los adultos de *P. oleae* al final del período de floración, se desarrollan los huevos y las larvas de la generación antófaga, los cuales se encuentran muy expuestos, siendo susceptibles de ser depredados por *A. nemoralis*. Una de las hipótesis planteadas por Paredes et al. (2015) se basa en que los adultos de *A. nemoralis* llegan al árbol y realizan la puesta de huevos de la próxima generación y cuando las ninfas neonatas emergen tienen dificultad para depredar sobre *E. olivina* ya que los individuos de esta especie se encuentran mayormente en estado adulto (hecho que queda constatado en este trabajo), por lo que en este momento los huevos de *P. oleae* podrían ser una fuente de comida alternativa para las ninfas de *A. nemoralis*, ya que ha sido documentado que es una especie capaz de alimentarse de huevos de lepidópteros (Sigsgaard 2010). Para reforzar la hipótesis anterior, se evaluó la interacción de ambas especies tras el cuajado del fruto, cuando la población de adultos de *P. oleae* aumenta y comienza la puesta de huevos de la generación carpófaga, la cual produce la caída de la aceituna. Se comprobó que existe un efecto negativo de la abundancia de *A. nemoralis* sobre la abundancia de *P. oleae* en esta fecha, que podría estar asociada con la depredación de larvas y huevos de este lepidóptero durante las semanas previas. Además, se estudió si la abundancia de *A. nemoralis* durante la floración (momento en el que hay presencia de huevos y larvas de *P. oleae* en las flores) estaba relacionada con la abundancia de *P. oleae* tras el cuajado del fruto. Dicha relación no fue encontrada, posiblemente debido al período entre muestreos y los ciclos de vida de cada especie, por lo que son necesarios más estudios que arrojen luz a este respecto.

En resumen, los hábitats naturales adyacentes al olivar parecen actuar como reservorio de *E. olivina* y de *A. nemoralis*, que a su vez se siente atraído por la presencia de *E. olivina* en la copa del olivo. *A. nemoralis* muestra una gran capacidad de dispersión y parte de su población podría retornar a los hábitats naturales cuando las presas disponibles en la copa del olivo descendiesen. Este depredador puede atacar a otras presas como la plaga *P. oleae* debido a su carácter polífago, especialmente cuando la población de su presa predilecta (*E. olivina*) desciende, pudiendo realizar un control de la plaga *P. oleae* a partir de junio, cuando la aceituna se está desarrollando y esta plaga provoca los daños económicos más importantes (Aldebis et al. 2004).

Los resultados obtenidos en este trabajo refuerzan la hipótesis de que la vegetación natural que rodea los cultivos influye de forma determinante en la comunidad de artrópodos presente en ellos, con el aumento de la abundancia de enemigos naturales (Griffiths et al. 2008; Chaplin-Kramer et al. 2011). En el caso concreto que nos ocupa, *A. nemoralis* se muestra como una opción con gran potencial para realizar un control biológico por conservación en el olivar debido a su carácter polífago, su rápida respuesta a cambios en la densidad de plagas, la elevada influencia de los hábitats naturales cercanos al cultivo sobre su abundancia y su elevada capacidad de dispersión desde estos hábitats. Un aumento de la superficie ocupada por vegetación natural adyacente al olivar provocaría un aumento de la población de *A. nemoralis*. Además, este depredador se sentiría atraído por *E. olivina*, por lo que mantener pequeñas poblaciones de esta plaga secundaria, que no llega a causar pérdidas económicas relevantes, podría ser beneficioso para los agricultores debido a que potenciaría las poblaciones de *A. nemoralis*, que podría ejercer un control determinante sobre *Prays oleae*, una plaga más importante y que genera mayores pérdidas.

Los siguientes pasos deben ir encaminados a completar la información referente a los hábitats naturales con la identificación de las especies vegetales presentes en los mismos, lo cual podría llevar al descubrimiento de interacciones específicas subyacentes de gran relevancia, de las que poder extraer conclusiones más concretas y que permitan poder realizar recomendaciones fiables a los agricultores. Así mismo, se propone la evaluación de la liberación de individuos de *A. nemoralis* en el olivar como agente de control biológico, ya que, teniendo en cuenta el potencial de este depredador sobre el control de *P. oleae* y su capacidad para establecerse en el cultivo, los resultados podrían ser prometedores.

## Conclusiones

La abundancia de la plaga secundaria *Euphyllura olivina* alcanza el máximo durante el período de floración del olivo, descendiendo bruscamente cuando la aceituna se está desarrollando. El depredador polífago *Anthocoris nemoralis* también alcanza su pico de máxima abundancia durante la floración, pero su población se mantiene relativamente estable cuando esta concluye, momento en el que el número de adultos de la plaga *Prays oleae* se incrementa drásticamente. Una mayor superficie de hábitats naturales cercanos al cultivo favorece el aumento de la abundancia de *A. nemoralis* y *E. olivina* en la copa del olivo durante la floración del mismo, siendo más evidente a distancias relativamente cercanas (menos de 200 metros). En el caso de *A. nemoralis* este efecto se mantiene a distancias mayores que en el caso de *E. olivina*, lo cual parece indicar que su capacidad de dispersión es mayor. Tras la floración se deja de observar un efecto positivo de los hábitats naturales cercanos al cultivo sobre la abundancia de *A. nemoralis* en la copa del olivo. Respecto a las interacciones entre los insectos estudiados, una mayor abundancia de *E. olivina* incrementa la abundancia de *A. nemoralis* en la copa del olivo, mientras que un incremento en la presencia de *A. nemoralis* se asocia a una menor abundancia de la plaga *P. oleae*.

## Referencias

- Aldebis, H.K., Avila, A., Matas, P., Vargas-Osuna, E. 2004. Evaluación de los daños causados por la polilla del olivo, *Prays oleae* Bern., en distintas variedades y condiciones de cultivo. Boletín de Sanidad Vegetal, PLAGAS 30: 649-656.
- Bates, D., Maechler M., Bolker B., Walker S. 2013. *lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4*. R package version 1.1-13
- Bejarano-Alcázar, Rodríguez-Jurado, J.D., Durán-Álvarez, J.M., Ruiz-Torres, M., Herrera-Mármol, M. 2011. Control de enfermedades y plagas en producción integrada del olivar. En: *Producción Integrada de Olivar*, Unidad Didáctica 5; pp 55-90. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Bianchi, F. J., Booi, C. J. H., Tschamtkke, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 273(1595), 1715-1727.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology letters* 14(9), 922-932.
- Dale, V.H., Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological economics* 64(2), 286-296.
- Dwumfour, E.F. 1992. Volatile substances evoking orientation in the predatory flowerbug *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae). *Bulletin of Entomological Research* 82(4), 465-469.
- ESRI 2015. ArcGIS Desktop: Release 10.3. Environmental Systems Research Institute. Redlands, CA, Estados Unidos.
- Evenson, R.E., Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300(5620), 758-762.
- Griffiths, G.J., Holland, J.M., Bailey, A., Thomas, M.B. 2008. Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. *Biological control* 45(2), 200-209.
- Horton, D.R., Lewis, T. M. 2000. Seasonal distribution of *Anthocoris* spp. and *Deraeocoris brevis* (Heteroptera: Anthocoridae, Miridae) in orchard

- and non-orchard habitats of central Washington. *Annals of the Entomological Society of America* 93(3), 476-485.
- Horton, D.R., Lewis, T. M., Broers, D.A. 2004. Ecological and geographic range expansion of the introduced predator *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae) in North America: potential for nontarget effects? *American entomologist* 50(1):18-30.
- Karp, D., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T.D., Martin, E.A., DeClerck, F., Grad, H., et al. 2018. Crop pest and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *PNAS* 115 (33) E7863-E7870.
- Ksantini, M., Jardak, T., Bouain, A. 2000. Temperature effect on the biology of *Euphyllura olivina* Costa. *Acta Horticulturae* 586, 827-829.
- Kleiber, C., Zeileis, A. 2008. *Applied Econometrics with R*. Springer-Verlag. Nueva York, Estados Unidos.
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology* 45(1), 175-201.
- Morris, T.I., Campos, M., Kidd, N.A.C., Jervis, M.A., Symondson, W.O.C. 1999. Dynamics of the predatory arthropod community in Spanish olive groves. *Agriculture and Forest Entomology* 1:219-228.
- Nicholls, C.I. 2008. *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. 282 pp. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Paredes, D., Campos, M. 2013. Importancia de la biodiversidad en la gestión integrada de plagas en el cultivo del olivar. *Vida rural* 363, 30-34.
- Paredes, D., Cayuela, L., Gurr, G M., Campos, M. 2013. Effect of non-crop vegetation types on conservation biological control of pests in olive groves. *PeerJ* 1, e116.
- Paredes, D., Cayuela, L., Gurr, G. M., Campos, M. 2015. Single best species or natural enemy assemblages? A correlational approach to investigating ecosystem function. *BioControl* 60(1), 37-45.
- Paredes, D., Batuecas, I., Cayuela, L., Campos, M. 2017. *Anthocoris nemoralis*: un nuevo aliado en el control biológico por conservación de la generación antófaga de la plaga del olivo *Prays oleae*. *Agroecología* 9, 79-84.
- R Development Core Team 2015. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rodríguez, E., Gonzalez, B., Campos, M. 2009. Effects of cereal cover crops on the main insect pests in Spanish olive orchards. *Journal of Pest Science* 82:179-185.
- Sanz-Cortés, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Bleiholder, H., Hack, H., Llácer, G., Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Annals of Applied Biology* 140: 151-157.
- Shaltiel, L., Coll, M. 2004. Reduction of pear psylla damage by the predatory bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The importance of orchard colonization time and neighboring vegetation. *Biocontrol Science and Technology* 14(8), 811-821.
- Sigsgaard, L. 2010. Habitat and prey preferences of the two predatory bugs *Anthocoris nemorum* (L.) and *A. nemoralis* (Fabricius) (Anthocoridae: Hemiptera-Heteroptera). *Biological control* 53(1), 46-54.
- Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T. O., Kleijn, D., Rand, T. A., et al. 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological control* 43(3), 294-309.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A. A., Smith, G.M. 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer. Nueva York, Estados Unidos.