

Abundancia estacional y efecto de los parasitoides sobre los pulgones de un cultivo ecológico de cítricos

C. BAÑOL, J. PIÑOL, J. A. BARRIENTOS, N. PEREZ, J. PUJADE-VILLAR

La relación entre las poblaciones de pulgón y sus parasitoides fueron estudiadas en un cultivo de cítricos ecológico en La Selva del Camp (Tarragona), usando la exclusión de hormigas de las copas de los árboles. Nuestros resultados demuestran que no existe mayor diferencia entre las poblaciones de pulgones y sus parasitoides en cítricos ecológicos y en cítricos convencionales, tanto en biodiversidad de especies como en tasas de parasitismo; siendo *Aphis spiraecola* y *A. gossypii*, las especies de pulgones más importantes en nuestro estudio, al igual que el parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* y el hiperparasitoide *Asaphes suspensus*. En el mismo sentido, la exclusión de hormigas no presentó diferencia alguna con respecto a los árboles con hormigas, contrario de lo que esperábamos encontrar, y por lo tanto carecemos de explicación para ello. Sin embargo encontramos una dominancia de los hiperparasitoides respecto a los parasitoides primarios, lo cual explicaría las bajas tasas de parasitismo sobre los pulgones. También se resalta la presencia de dos especies de hiperparasitoides no citadas para cítricos ecológicos (*Phaenoglyphis villosa* y *Coruna clavata*).

C. BAÑOL, J. PIÑOL. CREA. Unitat d' Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès. E- 08193. E-mail: Carolina.Banol@uab.cat, Josep.Pinol@uab.es.

J. A. BARRIENTOS. Unitat d' Zoologia. Universitat Autònoma de Barcelona. E- 08193 Cerdanyola del Vallès. E-mail: JoseAntonio.Barrientos@uab.es.

N. PEREZ. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Universidad de León. E- 24071 León. E-mail: nperh@unileon.es.

J. PUJADE-VILLAR. Departament de Biologia Animal. Universitat de Barcelona. E- 08028 Barcelona. E-mail: jpujade@ub.edu.

Palabras claves: Agricultura orgánica, control biológico, tasas de parasitismo, exclusión de hormigas.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ecológica es una alternativa más respetuosa con el medio ambiente que la agricultura convencional, en gran parte por su renuncia al uso de plaguicidas de síntesis (GUZMAN *et al.*, 2000; GONZÁLEZ DE MOLINA *et al.*, 2007). Como consecuencia, en la agricultura ecológica el control de plagas recae casi exclusivamente en el empleo de enemigos

naturales, como depredadores y parasitoides (GRAHAM y GORDON, 1992; BENGTTSSON *et al.*, 2005; PASCUAL-RUIZ y URBANEJA, 2006). Los cítricos son uno de los principales cultivos de la región mediterránea, siendo España uno de los principales productores (DOMINGUEZ, 2001). No obstante los cítricos ecológicos solo constituyen una pequeña parte de la superficie de la agricultura ecológica total en España (5391 ha; 0.01%) (MAGRAMA, 2010), así como del

totalidad de cítricos cultivados (311584 ha; 0,61%) (MAGRAMA, 2011).

Estos cultivos tienen una gran cantidad de especies plaga (EBELING, 1959; MICHELENA *et al.*, 2004; YOLDAS *et al.*, 2011), entre las que se cuentan los pulgones (Hemiptera: Aphididae) (HERMOSO DE MENDOZA *et al.*, 1997; PIÑOL *et al.*, 2009). Los efectos de los pulgones en los cítricos se manifiestan en un retraso del crecimiento, deformaciones en las hojas y transmisión de virosis (LEITE *et al.*, 2006; DEDRYVER *et al.*, 2010). Los pulgones alcanzan el status de plaga con facilidad debido a sus procesos reproductivos y alimentarios (BELLIORE *et al.*, 2008), pero tienen numerosos enemigos naturales que reducen su abundancia, como depredadores (Coleoptera: Coccinellidae, Diptera: Syrphidae, Neuroptera: Chrysopidae, Hemiptera y Araneae) y parasitoides (Hymenoptera) (STARÝ, 1970; TIZADO y NUÑEZ, 1991; SULLIVAN y VÖLKL, 1999; MICHELENA *et al.*, 2004; PIÑOL *et al.*, 2009).

Los parasitoides e hiperparasitoides más frecuentes de los pulgones de cítricos en el área mediterránea pertenecen a las familias Braconidae, Pteromalidae y Encyrtidae, y en particular las especies *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880), *Trioxys angelicae* (Haliday, 1833), *Praon volucre* (Haliday, 1833), *Aphidius matricariae* (Haliday, 1834), *Aphidius ervi* (Haliday, 1834) y *Asaphes suspensus* (Nees, 1834) (STARÝ, 1970; MICHELENA y SANCHIS, 1997; KAVALLIERATOS *et al.*, 2004).

La mayoría de los parasitoides se caracterizan por ser endoparásitos depositando los huevos en el interior del cuerpo de los pulgones, aunque en algunos géneros la pupación se da lugar el exterior de los mismos (TIZADO y NUÑEZ, 1991). También es importante considerar el efecto que los hiperparasitoides pueden ejercer sobre el control biológico de pulgones, los cuales atacan al parasitoide primario dentro del pulgón hospedador lo que representa un cuarto nivel trófico más evolucionado (SULLIVAN y VÖLKL, 1999). Estudios teóricos de la interacción hospedador - parasitoide primario - hiperparasitoide

muestran que el parasitoide secundario o hiperparasitoide puede fácilmente establecer e incrementar el equilibrio del hospedador (BEDDINGTON y HAMMOND, 1977; MAY y HASSELL, 1981; HASSELL y WAAGE, 1984). Los hiperparasitoides son capaces de alterar el correcto control biológico efectuado por los parasitoides primarios de tres maneras diferentes: i) incrementando la mortalidad de los parasitoides primarios, ii) incrementando de manera indirecta la tasa de crecimiento de las poblaciones de pulgones, y iii) incrementando la propensión de dispersión de los parasitoides primarios (VAN VEEN *et al.*, 2001).

Por otra parte, algunas especies de hormigas establecen una relación mutualista con pulgones, proporcionándoles protección frente a depredadores y parasitoides a cambio de melaza, por lo que es de esperar que la exclusión de hormigas de los árboles aumente la abundancia de parasitoides (y quizás la tasa de parasitismo) y por lo tanto disminuya la de pulgones. La presencia de hormigas también pueden impedir la puesta de los hiperparasitoides y la depredación sobre los pulgones parasitados (KANEKO, 2002 y 2007).

En este contexto, presentamos un estudio de campo de un año sobre las relaciones entre pulgones, parasitoides y hormigas en un campo de cítricos ecológicos con los siguientes objetivos: (1) Analizar la fenología de pulgones y parasitoides, estableciendo las relaciones tróficas inequívocas entre las principales especies que integran el sistema; (2) Estudiar la incidencia de los parasitoides sobre sus huéspedes, mediante la estimación de la tasa de parasitismo y la diversidad de parasitoides; (3) Establecer el efecto de la exclusión de hormigas de las copas de los árboles sobre la población de pulgones, la comunidad de parasitoides e hiperparasitoides y la tasa de parasitismo. Dado el carácter ecológico del cultivo estudiado, esperamos encontrar, en principio, una comunidad de parasitoides más rica y, quizás, una mayor tasa de parasitismo que lo referido en estudios de cultivos de cítricos convencionales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localidad.

El estudio se llevó a cabo en un cultivo de mandarinos en la Selva del Camp (Tarragona), (41°13'07"N, 1°08'35"E). La plantación contiene aproximadamente 300 árboles de *Citrus clementina* var. *clemenules* injertados sobre patrón híbrido citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus sinensis* (L.) Osb.), y plantados en un marco de 6 x 3.5 m. Desde el año 2004, el cultivo cumple con todos los estándares de la agricultura ecológica (sin pesticidas, fungicidas o herbicidas, solo la aplicación de abono orgánico).

Seguimiento de la población de pulgón y de la tasa de parasitismo

En una zona de la finca, constituida por tres filas de 23 árboles cada una, se seleccionaron 18 árboles, divididos en dos grupos de 9: uno fue el grupo control y en el otro se excluyeron los insectos caminadores. La exclusión se realizó mediante la aplicación de cola entomológica (Rata Stop) sobre una superficie de plástico alimentario que rodeaba un cilindro de guata sobre el tronco (SAMWAYS y TATE, 1985). En cada árbol se marcaron 8 brotes (2 en cada cuadrante) la mitad de los cuales se utilizó para el seguimiento de las poblaciones de pulgones y la otra mitad para capturar pulgones parasitados con el objetivo de obtener sus parasitoides.

En cada uno de los 72 brotes de seguimiento (18 x 4) se estimó semanalmente la población de pulgones entre abril y principios de noviembre de 2011, excepto en los meses de julio y agosto, cuando el seguimiento se realizó quincenalmente por la baja densidad de las poblaciones de pulgón. En cada brote se anotó que especie de pulgón y en qué cantidad las ocupaba. A medida que la población aumentaba, para la cuantificación se usó la siguiente escala de intervalos de abundancia: 1-5; 6-25; 26-100; > 100 pulgones por brote. Para el cálculo de la densidad se asignó la siguiente marca de clase a cada una de las cuatro usadas: 3, 15, 60, 150 individuos.

Al mismo tiempo, y para cada una de los cuatro brotes control de cada árbol, se cuantificaron las momias emergidas y sin emerger, datos utilizados para determinar la tasa de parasitismo de los himenópteros sobre los pulgones.

En el mes de octubre se añadieron 27 nuevos brotes, para poder continuar el conteo de pulgones y captura de parasitoides en aquellos árboles cuyas ramas maduras marcadas en primavera no emitieron nuevos brotes.

Muestreo de parasitoides

Paralelamente a las medidas anteriores, se tomaron un máximo de 15 muestras de pulgones parasitados (momias) de los brotes seleccionados para las capturas. Las momias de cada hoja seleccionada se transportaron al laboratorio en viales de plástico de 5.5 cm de longitud. Una vez allí se colocaron individualmente en evolucionarios, los cuales consistían en placas de Petri de 5,5 cm de diámetro sobre un papel filtro con 2 o 3 gotas de Sulfato de cobre (1%). A continuación las placas fueron introducidas en una cámara de cría en condiciones homogéneas de luz (fotoperiodo de 12 h), temperatura (24-26°C) y humedad relativa (60%). Los evolucionarios se supervisaron cada 2-3 días con el objeto de recoger los imagos de parasitoides e hiperparasitoides emergidos. Para la captura de los imagos emergidos, los evolucionarios se colocaron de 3 a 4 minutos en un congelador a -6 °C para disminuir la actividad de los parasitoides; luego, se tomaron con un pincel humedecido, y se fijaron en alcohol al 70%, en viales de 0,5 ml. Los himenópteros convenientemente rotulados se guardaron de forma apareada con la correspondiente momia de pulgón (ésta en seco) para su posterior clasificación.

Clasificación de pulgones y parasitoides

Los pulgones se identificaban directamente en campo siguiendo las claves de BARBAGALLO *et al.* (1998) y en caso de duda o colonias mixtas se recogían muestras para su posterior confirmación bajo lupa binocular

en el laboratorio. Este mismo procedimiento se utilizó para las momias recolectadas. Los parasitoides e hiperparasitoides emergidos inicialmente fueron clasificados hasta nivel de familia mediante las claves de GIBSON *et al.* (1997) y luego se individualizaron un total de 45 morfotipos que se clasificaron hasta género o especie. La determinación del material se ha realizado consultando las obras de GRAHAM (1969) y KAMIJO y TAKADA (1973) para los Pteromalidae, y las de STARY (1977) y FERGUSSON (1980) para *Dendrocerus* (Megaspilidae).

Análisis de datos

Se estimó la abundancia de pulgones acumulada como el área bajo la curva de abundancia de cada árbol respecto al tiempo, usando el programa SigmaPlot versión-10.0. La tasa de parasitismo se calculó como el cociente entre el número de pulgones momificados y el total del número de pulgones.

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para medir las diferencias entre la abundancia de pulgones entre los árboles control y los árboles con exclusión de hormigas, previa transformación (raíz cuadrada) de la abundancia acumulada de pulgones, usando como factor fijo el tratamiento (control y exclusión) y el bloque (la posición del árbol) como factor aleatorio. Este análisis se repitió para el conjunto de pulgones, para las dos especies más abundantes (*Aphis spiraecola*

Patch, 1914 y *Aphis gossypii* Glover, 1877), para el período de muestreo a lo largo de todo el ciclo y por estaciones (primavera y otoño).

La tasa de parasitismo fue también analizada de forma análoga mediante un análisis de la varianza (ANOVA) para los dos tipos de tratamientos, previa transformación arco-seno de la proporción de parasitismo. Ambos ANOVAS fueron realizados usando SPSS Statistics versión 19 (SPSS, 2010).

Por otra parte, para saber si la comunidad de parasitoides difería entre árboles control y árboles sin hormigas se realizó el análisis multivariante de la varianza no paramétrico, PERMANOVA (ANDERSON *et al.*, 2008). Este análisis se repitió para comparar las comunidades de parasitoides sobre las dos especies de pulgones dominantes. También se analizaron por separado los distintos periodos de muestreo (primavera y otoño).

RESULTADOS

Comunidad de Pulgones

Se contaron alrededor de 11000 pulgones, 5600 en los árboles control y 5500 en los árboles sin hormigas. *Aphis spiraecola* (82% del total de individuos) y *A. gossypii* (14%) fueron las dos especies más abundantes (Fig. 1 A, B). También se encontraron algunas colonias de *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878).

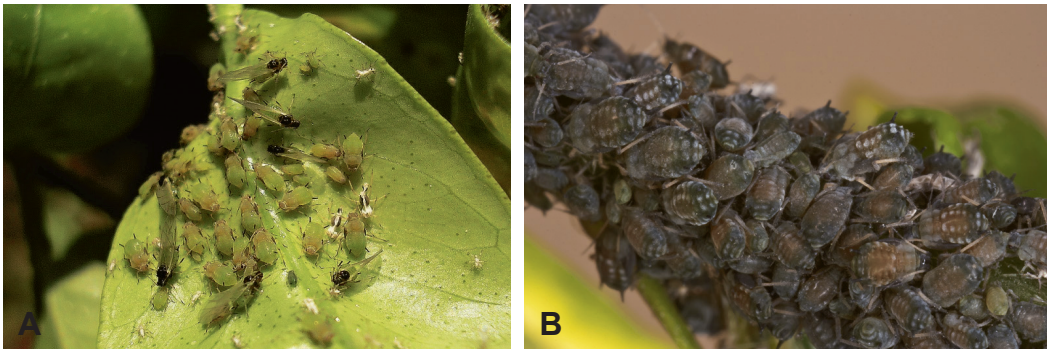


Figura 1. A Colonias de *Aphis spiraecola* (adultos ápteros, alados y ninfas) y B *A. gossypii* (adultos y ninfas)

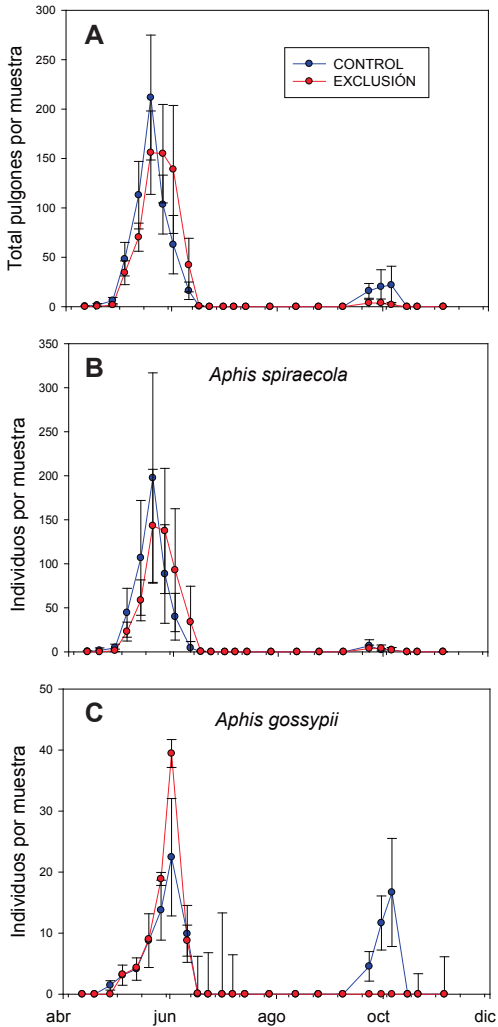


Figura 2. Variación temporal de la abundancia de áfidos (control y exclusión de hormigas) a lo largo del periodo de seguimiento 2011. A representa la media del total de pulgones por tratamiento; B y C es la media de la población de *Aphis spiraecola* y *A. gossypii* respectivamente en ambos tratamientos.

Los primeros pulgones se detectaron hacia principios de abril con un aumento de la población hacia mediados de mayo y un descenso hasta cero a mediados de junio. En los meses de verano los pulgones desaparecieron en ambos grupos de árboles. A finales

de septiembre hubo otro pequeño pico de abundancia en ambos tratamientos, desapareciendo totalmente a finales de octubre (Fig. 2 A). En ningún periodo ni para ninguna especie se detectaron diferencias significativas en la abundancia de pulgones entre los árboles control y los árboles sin hormigas (Figs. 2 B, C; Tabla 1).

Comunidad de Parasitoides

Se recogieron un total de 1435 momias sin emerger (Control: 736 y Exclusión: 699) durante todo el periodo de muestreo (abril - noviembre), de las que emergieron 352 parasitoides, 218 de árboles control y 134 de árboles sin hormigas. No emergieron parasitoides de muestras recogidas en los meses de julio y agosto (Figs. 3 A, B).

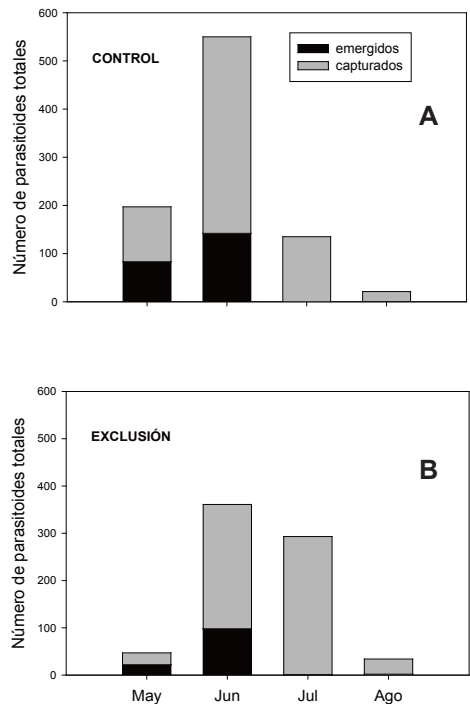


Figura 3. Relación entre el número total de parasitoides capturados vs. parasitoides emergidos para ambos tratamientos en un cultivo ecológico de mandarinos.

Tabla 1. Resumen de los ANOVAs de la abundancia de áfidos respecto a los tratamientos aplicados. Se dan los resultados para el total de especies de pulgón y para las dos especies más abundantes (*Aphis spiraecola* y *A. gossypii*) por separado, al igual que para el período de muestreo total y por separado (primavera y otoño)

| Variable | $F_{1,8}$ | P |
|-------------------------------|-----------|------|
| Total de Pulgones | 0,06 | 0,82 |
| Primavera | 0,29 | 0,60 |
| Otoño | 1,53 | 0,24 |
| Total <i>Aphis spiraecola</i> | 1,38 | 0,65 |
| Primavera | 0,01 | 0,92 |
| Otoño | 1,50 | 0,25 |
| Total <i>Aphis gossypii</i> | 0,32 | 0,28 |
| Primavera | 1,07 | 0,33 |
| Otoño | 1,00 | 1,00 |

Interacción Pulgón - Parasitoide - Hiperparasitoide

Se identificaron 9 especies de parasitoides asociados a *Aphis spiraecola* y *A. gossypii* (Tabla 2; Fig. 4 A). *Lysiphlebus testaceipes* fue el parasitoide primario más importante en los árboles control ($n = 79$; Fig. 4 B), mientras que en los árboles sin hormigas fue el hiperparasitoide *Asaphes suspensus* ($n = 63$; Fig. 4 C) seguido de los hiperparasitoides de las familias Pteromalidae, Figitidae, Megaspilidae y Encyrtidae.

La comunidad de parasitoides e hiperparasitoides de mayo fue significativamente distinta de la de junio ($Pseudo-F = 7.06$; $P = 0.0008$), siendo también más abundantes en junio que en mayo (Fig. 4) principalmente las especies *Lysiphlebus testaceipes*, *Asaphes suspensus*, *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841) y *Alloxysta* sp. Por el contrario, no se detectaron diferencias en la comunidad de parasitoides entre los árboles control y los árboles sin hormigas ($Pseudo-F = 1.35$; $P = 0.24$), ni entre los emergidos de *Aphis spiraecola* y

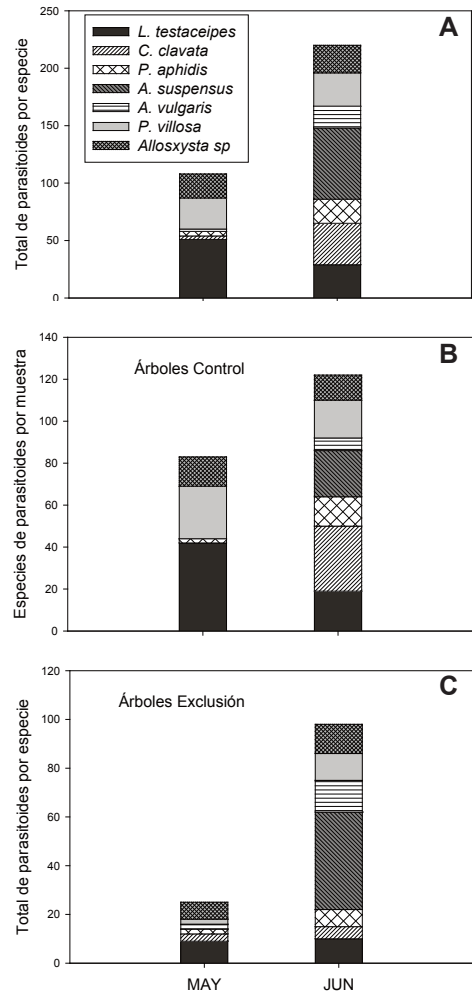


Figura 4. A Número total y composición de especies de parasitoides e hiperparasitoides emergidos en total. B y C representan las especies sobre *Aphis spiraecola* y *A. gossypii* respectivamente en ambos tratamientos

de *A. gossypii* ($Pseudo-F = 1.23$; $P = 0.32$) (Fig. 5 A, B).

Tasa de Parasitismo

En los árboles donde se hacía el seguimiento de la abundancia de pulgones se contabilizaron 106 momias durante todo el periodo de muestreo, 74 en árboles control y 32 en árboles sin hormigas. Por tanto la tasa

Tabla 2. Relación de parasitoides e hiperparasitoides de mayor a menor número encontrados en cada una de las dos especies de pulgones hospederos

| | Especies de pulgones | | | TOTAL |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--|-------|
| | <i>Aphis spiraecola</i> | <i>Aphis gossypii</i> | <i>A. spiraecola/gossypii</i> (ninfas) | |
| Especies de Parasitoides | | | | |
| <i>Lysiphlebus testaceipes</i> | 12 | 20 | 42 | 74 |
| Especies de Hiperparasitoides | | | | |
| <i>Asaphes suspensus</i> | 22 | 11 | 27 | 60 |
| <i>Phaenoglyphis villosa</i> | 12 | 10 | 33 | 55 |
| <i>Alloxysta sp.</i> | 9 | 6 | 30 | 45 |
| <i>Coruna clavata</i> | 12 | 7 | 20 | 39 |
| <i>Pachyneuron aphidis</i> | 9 | 4 | 7 | 20 |
| <i>Asaphes vulgaris</i> | 3 | 3 | 14 | 20 |
| <i>Dendrocerus carpenteri</i> | 0 | 4 | 0 | 4 |
| <i>Aphidencyrus aphidivorus</i> | 0 | 0 | 1 | 1 |

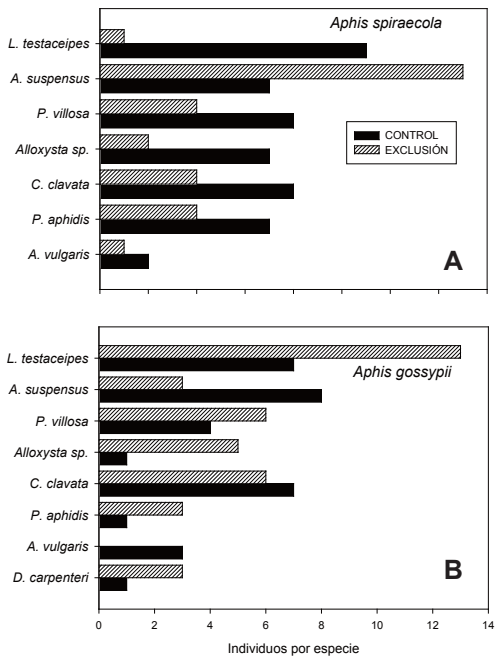


Figura 5. Relación entre el número de especies de parasitoides e hiperparasitoides encontradas en La Selva del Camp y sus respectivos hospederos *Aphis spiraecola* y *A. gossypii*, en ambos tratamientos

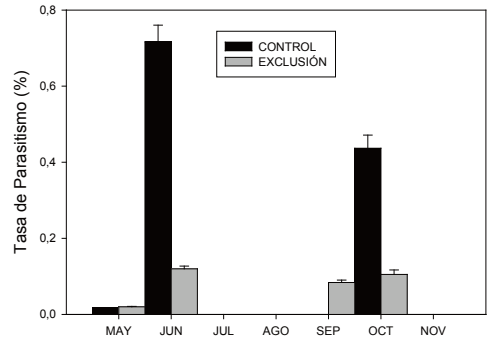


Figura 6. Tasa de Parasitismo a lo largo de todo el ciclo del pulgón en los árboles control y en los árboles con exclusión de hormigas. Se muestra el error estándar

de parasitismo fue muy baja ($1,5 \pm 0,03$ %), y sin diferencias significativas entre tratamientos ($F = 0,80$; $P = 0,42$) durante la evolución de los pulgones. La proporción de pulgones momificados fue muy baja en mayo, creció en Junio alcanzando su máximo hasta desaparecer en verano; en septiembre y octubre, reaparece pero en menor proporción en ambos tratamientos (Fig. 6).

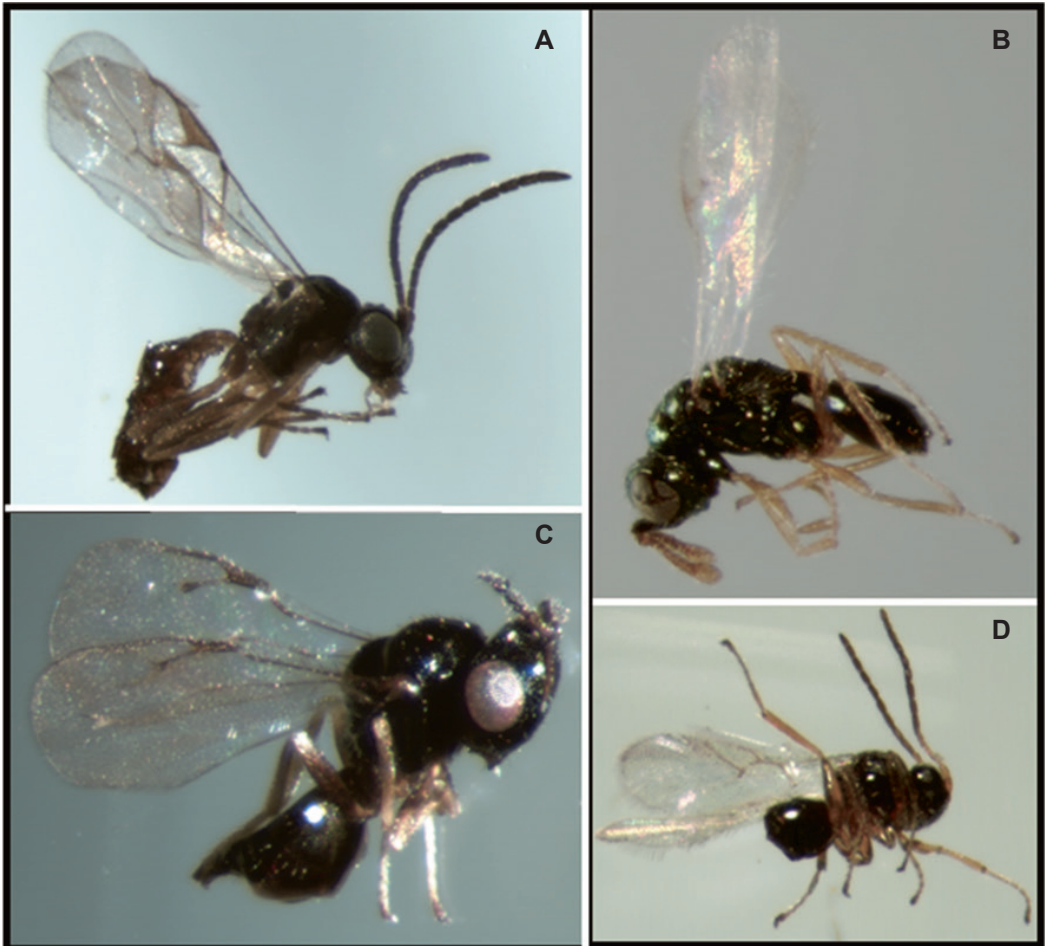


Figura 7. Ejemplares de los principales parasitoides e hiperparasitoides emergidos. A *Lysiphlebus testaceipes*, B *Asaphes suspensus*, C *Coruna clavata* y D *Phaenoglyphis villosa*

DISCUSIÓN

Comunidad de pulgones, parasitoides y tasas de parasitismo

Las especies de pulgones más importantes de este cultivo, *Aphis spiraecola* y *A. gossypii*, son las mismas encontradas en otros cultivos de cítricos convencionales, principalmente en la zona mediterránea (HERMOSO DE MENDOZA *et al.*, 1997; KAVALLIERATOS *et al.*, 2002; MICHELENA *et al.*, 2004; YOLDAS *et al.*, 2011) y en otros cultivos de frutales y ornamentales (PONS y STARÝ, 2003; SOLER *et*

al., 2002; KAVALLIERATOS *et al.*, 2004). Por otro lado, la fenología de ambas especies es la misma (MICHELENA *et al.*, 2004).

Los mayoría de parasitoides y hiperparasitoides encontrados en este estudio son también comunes en cítricos tradicionales mediterráneos, principalmente el parasitoides primario *Lysiphlebus testaceipes* (Fig. 7 A), uno de los más importantes controladores de los pulgones anteriormente mencionados (MICHELENA y SANCHIS, 1997; PONS *et al.*, 2004). Nuestros resultados confirman la dominancia de esta única especie como parasi-

Tabla 3. Comparación de los parasitoides e hiperparasitoides de los principales pulgones asociados a cultivos de cítricos convencionales descritos en la literatura (X) y de los encontrados en el presente estudio, (*y ≠ indican los parasitoides de La Selva del Camp en árboles control y árboles sin hormigas respectivamente). (1) LLORENS, 1990; (2) MICHELENA *et al.*, 1994 y (3) 2004; (4) VÖLKL y STECHMANN, 1998; (5) MICHELENA y SANCHIS, 1997; (6) SOLER *et al.*, 2002 (7) KAVALLIERATOS *et al.*, 2002 y (8) 2004; (9) KANEKO, 2002; (10) YOLDAS *et al.*, 2011

| Parasitoides | Pulgones Hospederos comunes | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| | <i>Aphis spiraeicola</i> | <i>Aphis gossypii</i> | <i>Toxoptera aurantii</i> | <i>Aphis fabae</i> | <i>Myzus persicae</i> |
| PARASITOIDES | | | | | |
| Braconidae | | | | | |
| <i>Aphidius colemani</i> | | X(7) | | | X(8,11) |
| <i>Aphidius ervi</i> | | X(11) | | | X(3) |
| <i>Aphidius matricariae</i> | | X(7) | | X(10) | X(2,6,8) |
| <i>Lysiphlebus confusus</i> | | | X(2,5) | | |
| <i>Lysiphlebus fabarum</i> | | | X(2,3) | X(4) | |
| <i>Lysiphlebus testaceipes</i> | X(2,5) *≠ | X(2,3,5,7,11) *≠ | X(1,2,3,5,6) | X(2,3) | X(2) |
| <i>Praon volucre</i> | | X(11) | X(5) | | X(8) |
| <i>Trioxis acalephae</i> | | | | | |
| <i>Trioxis angelicae</i> | X(2,3,6) | X(1,2,3,5,6) | X(1,2,3,5,6) | X(3) | |
| HIPERPARASITOIDES | | | | | |
| Figitidae | | | | | |
| <i>Alloxyta</i> sp. | X(5)*≠ | X(5)*≠ | X(5) | | |
| <i>Phaenoglyphis</i> spp. | *≠ | X(9) | | | |
| <i>Phaenoglyphis villosa</i> | *≠ | *≠ | | | |
| Pteromalidae | | | | | |
| <i>Asaphes suspensus</i> | *≠ | X(9) *≠ | | | X(8) |
| <i>Asaphes vulgaris</i> | X(5) *≠ | X(5) ≠ | X(5) | | X(8) |
| <i>Pachyneuron aphidis</i> | *≠ | X(9) *≠ | | | X(8) |
| <i>Coruna clavata</i> | *≠ | * | | | |
| Megaspilidae | | | | | |
| <i>Dendrocercus carpenti</i> | X(5) * | X(5) *≠ | X(5) | | |
| Encyrtidae | | | | | |
| <i>Aphidencyrtus aphidivorus</i> | X(5) ≠ | X(5) ≠ | X(5) | | |

toide primario en ambos hospederos (Fig. 5 A, B), a diferencia de otros estudios (Tabla 3), donde aparecen más especies de parasitoides pertenecientes a la familia Braconidae.

Los hiperparasitoides fueron más diversos en nuestro cultivo que los parasitoides

primarios, especialmente los Pteromalidae (*Asaphes suspensus*) (Fig. 7 B), *A. vulgaris* (Walker, 1834), *Pachyneuron aphidis* (Bouché, 1834) y *Coruna clavata* (Walker, 1833) (Fig. 7 C), esta última especie se presenta como novedad en cítricos ecológicos al no

estar citada en la literatura). Los Figitidae (Charipinae) también estuvieron presentes con las especies *Alloxysta* sp. y *Phaenoglyphis villosa* (Fig. 7 D), esta última especie fue obtenida de forma importante a partir de momias de *Aphis spiraeicola* en los árboles control (Fig. 5 A), esta cita constituye otra de las novedades en cítricos ecológicos; este grupo es muy numeroso principalmente sobre hospederos *Aphidius* en diversa vegetación (MÜLLER *et al.*, 1999).

La dominancia de los hiperparasitoides puede ser la causa del menor número de parasitoides primarios en el campo de mandarinos, debido a la presión ejercida sobre ellos conduciendo a un alto porcentaje de mortalidad o mayor dispersión sobre los parasitoides primarios.

Por último nuestros resultados dan a conocer otros hiperparasitoides de menor importancia, como son el Megaspilidae (*Dendrocerus carpenteri* (Curtis, 1829)) y el Encyrtidae (*Aphidencyrtus aphidivorus* (Mayr, 1876)), los cuales presentaron muy pocos individuos (Tabla 2). La dominancia de emergencia de los hiperparasitoides en el mes de Junio es similar a la de otros estudios de parasitoides en cítricos (KAVALLIERATOS *et al.*, 2002; YOLDAS *et al.*, 2011).

La tasa de parasitismo fue muy baja en nuestro cultivo, aunque esto también ocurre en otros cultivos convencionales (Tabla 4). Por ejemplo, el parasitoide *Praon volucre* sobre el áfido *Myzus persicae* presentó un bajo porcentaje de parasitismo en un cultivo de cítricos tradicional en Grecia (KAVALLIERATOS *et al.*, 2004). Otro estudio del mismo autor refiere un porcentaje de parasitismo relativamente bajo en cítricos tradicionales debido a la coexistencia de diversas especies de parasitoides con hiperparasitoides atacando las mismas colonias de pulgón (KAVALLIERATOS *et al.*, 2002).

Efecto de la exclusión de hormigas

En contra de lo esperado, no observamos diferencias significativas entre la abundancia de pulgones, ni en la tasa de parasitismo, ni en la comunidad de parasitoides de los árboles

control y de los árboles sin hormigas. Carecemos de explicación para estos resultados, ya que esperábamos encontrar una reducción del ataque de pulgones en los cítricos con exclusión de hormigas, debido a que estas protegen las colonias de pulgones de los depredadores y parasitoides (KARHU, 1998; KANEKO, 2002 y 2003a).

Con respecto a la tasa de parasitismo, que debería aumentar con la exclusión de hormigas fue similar en los dos tratamientos estudiados, no obstante otros estudios demuestran que la presencia de pocas momias en árboles excluidos de hormigas parece ser causado por el consumo de pulgones parasitados por los depredadores; esto pasa comúnmente con la hormiga *Pristomyrmex pungens* en cítricos ecológicos japoneses, que defiende a colonias del pulgón *Toxoptera citricidus* parasitados por *Lysiphlebus japonicus* y repele casi en su totalidad a los depredadores (KANEKO, 2003b).

La comunidad de parasitoides y de hiperparasitoides tampoco difirió entre los dos tratamientos, sin embargo nuestros resultados describen un mayor número de parasitoides en los árboles control que en los árboles excluidos (Fig. 4 B, C) y más diversidad de hiperparasitoides que parasitoides primarios; debido a que emergen más adultos de hiperparasitoides en presencia de hormigas, a causa de que coincidentalmente éstas hormigas protegen los hiperparasitoides inmaduros junto con las momias de pulgones de los depredadores; como por ejemplo, la hormiga *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) sobre colonias de *Aphis gossypii* en mandarinos ecológicos japoneses, presenta un comportamiento agresivo en presencia de grandes depredadores (KANEKO, 2002).

Cultivo ecológico vs. Cultivo convencional

Nuestros resultados indican que existe una semejanza entre la dinámica pulgón-parasitoide en cultivos ecológicos y en cultivos tradicionales, esta última según la literatura; puesto que nuestra zona de estudio no presentó mayor diversidad de especies de pulgones

(*Aphis spiraecola* y *A. gossypii*), y solo aparecieron 2 especies nuevas de parasitoides (*Phaenoglyphis villosa* y *Coruna clavata*) en lo que a cítricos ecológicos se refiere. No obstante, la única diferencia observada en el presente estudio respecto otros realizados en cultivos convencionales (Tabla 4.) es la dominancia de hiperparasitoides respecto parasitoides primarios, este hecho explicaría, por ejemplo, las bajas tasas de parasitismo de pulgones que hemos detectado.

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a Núria Cañellas por acceder generosamente a la manipulación de los árboles en los campos de mandarinos, a Juan Manuel Michelena por la identificación de los parasitoides primarios y a Mar Ferrer- Suay por la determinación de los hiperparasitoides de la subfamilia Charipinae. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto MCYT-FEDER (CGL2010-18182).

Tabla 4. Resumen de las tasas de parasitismo en pulgones descrita en diversos cultivos convencionales (cítricos y otros)

| Planta hospedera | Sitio (localidad) | Pulgones principales | Parasitoide | Tasa de parasitismo | Referencias |
|---|-------------------|--|---|----------------------|---|
| Cereal | Alemania | <i>Sitobion avenae</i> | Braconidae Megaspilidae Pteromalidae Alloxystidae | 10.4% | Höller <i>et al.</i> , 1993 |
| Cítricos | Valencia | <i>Aphis spiraecola</i> <i>Aphis gossypii</i> | <i>Lysiphlebus testaceipes</i> | 26-100 momias /brote | Michelena y Sanchis, <i>et al.</i> , 1997 |
| <i>Habas (Vicia faba)</i> | Bavaria, Alemania | <i>Aphis fabae</i> | <i>Lysiphlebus fabarum</i> | 5-18% | Vökl y Stechmann, 1998 |
| Cítricos | Grecia | <i>Aphis gossypii</i> | <i>Trioxis angelicae</i> | 19% | Kavallieratos <i>et al.</i> , 2002 |
| <i>Hibiscus syriacus</i> L. (Malvaceae) | Atenas, Grecia | <i>Aphis gossypii</i> | <i>Aphidius colemani</i> | 43.2% | Perdikis <i>et al.</i> , 2004 |
| Tabaco | Grecia Central | <i>Myzus persicae</i> | <i>Aphidius colemani</i> <i>Aphidius ervi</i> <i>Aphidius matricariae</i> <i>Praon Volucre</i> | 2.5% | Kavallieratos <i>et al.</i> , 2004 |
| Cereal | Catalunya | <i>Sitobion avenae</i> | <i>Lysiphlebus testaceipes</i> | 0.4% | Lumbierres <i>et al.</i> , 2007 |

ABSTRACT

BAÑOL, C., J. PIÑOL, J. A. BARRIENTOS, N. PEREZ, J. PUJADE-VILLAR. 2012. Seasonal abundance and effect of parasitoids on the aphids of an organic citrus grove. *Bol. San. Veg. Plagas*, **38**: 335-348

The relationship between the aphid populations and their parasitoids was studied in an organic citrus grove in La Selva del Camp (Tarragona), using the ant-exclusion from the canopies of trees. Our results show that there is scant difference between the aphid populations and their parasitoids in organic citrus and citrus conventional, both in biodiversity of species and rates of parasitism, being *Aphis spiraecola* and *A. gossypii*, the aphid species most important in our study, like the parasitoids *Lysiphlebus testaceipes* and *Asaphes suspensus*. Similarly, the ant-exclusion showed no differences regarding trees with ants, contrary to expectations, and therefore, we do not have an explanation for it. However we find a dominance of hyperparasitoids regarding primary parasitoids, which would explain the low rates of parasitism on aphids. In addition, we highlighted the presence of two species of hyperparasitoids not cited for organic citrus (*Phaenoglyphis villosa* and *Coruna clavata*).

Key words: Organic agriculture, biological control, rates of parasitism, ant-exclusion.

REFERENCIAS

- ANDERSON, M. J., GORLEY, R. N., CLARKE, K. R. 2008. Permanova+ for primer: guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth.
- BARBAGALLO, S., CRAVEDI, P., PASCUALINI, E., PATTI, I. 1998. *Pulgones de los principales cultivos frutales*. Bayer y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 225 pp.
- BEDDINGTON, J., R., HAMMOND, P., S. 1977. On the dynamics of host-parasite- hyperparasite interactions. *Journal of Animal Ecology*, **46**: 811-821.
- BELLIURE, B., PÉREZ, P., MARCOS, M. A., MICHELENA, J. M., HERMOSO DE MENDOZA, A. 2008. Control Biológico de Pulgones. *Control Biológico de Plagas Agrícolas*. Phytoma-Valencia (España), Capítulo **14**: 209-238.
- BENGTSOON, J., AHNSTRÖM, J., WEIBULL, A - C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.*, **42**: 261-269.
- DEDRYVER, C. H., LE RALEC, A., FABRE, F. 2010. The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *C. R. Biologies*, **333**: 539-553.
- DOMÍNGUEZ, G.A. 2001. Cultivo ecológico de cítricos en las regiones del mediterráneo. *Revista Vida Rural*, **132**: 34-37.
- EBELING, W. 1959. *Subtropical Fruit Pests*. University of California, Division of Agricultural Sciences, Riverside, California, 436 pp.
- FERGUSOON, N. D. M. 1980. A revision of the British species of *Dendrocerus* Ratzeburg (Hymenoptera: Ceraphronoidea) with a review of their biology as aphid hyperparasites. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, *Entomology series*, **41**: 255-314.
- GIBSON, G. A. P., HUBER, J. T., WOOLLEY, J. B. (Editors). 1997. *Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea* (Hymenoptera). NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 794 pp.
- GONZALEZ DE MOLINA, M., ALONSO, A. M., GÚZMAN, G. I. 2007. La agricultura ecológica en España desde una perspectiva agroecológica. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, **214**: 47-73.
- GRAHAM, A. E. G., GORDON, H. O. 1992. Agriculture and Biological Conservation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **42**: 1-8.
- GRAHAM, M. W. R. 1969. The Pteromalidae of Northwestern Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bulletin of the british museum (Natural history) Entomology*, London, 908 pp.
- GUZMAN, G., GONZÁLEZ DE MOLINA, M., SEVILLA, E. (Coords). 2000. *Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- HASSELL, M., P., WAAGE, J., K. 1984. Host-parasitoid population interactions. *Annual Review of Entomology*, **29**: 89-114.
- HERMOSO DE MENDOZA, A., PÉREZ, E., REAL, V. 1997. Composición y evolución de la fauna afídica (Ho-

- moptera, Aphidinea) de los cítricos valencianos. *Bol. San. Veg. Plagas*, **23**: 363-375.
- HÖLLER, C., BORGEMEISTER, C., HAARDT, H., POWEL, W. 1993. The relationship between primary parasitoids and hyperparasitoids of cereal aphids: an analysis of field data. *Journal of Animal Ecology*, **62**: 12-21.
- KAMIJO, K., TAKADA, H. 1973. Studies on aphid hyperparasites of Japan, II. Aphid hyperparasites of the Pteromalidae occurring in Japan (Hymenoptera). *Insecta Matsumurana New Series*, **2**: 39-76.
- KANEKO, S. 2002. Aphid-attending Ants Increase the Number of Emerging Adults of the Aphid's Primary Parasitoid and Hyperparasitoids by Repelling Intraguild Predators. *Entomological Science*, **5** (2): 131-146.
- KANEKO, S. 2003a. Different impacts of two species of aphid-attending ants with different aggressiveness on the number of emerging adults of the aphid's primary parasitoid and hyperparasitoids. *Ecological Research*, **18**: 199-212.
- KANEKO, S. 2003b. Impacts of two ants, *Lasius niger* and *Pristomyrmex pungens* (Hymenoptera: Formicidae), attending the brown citrus aphid, *Toxoptera citricidus* (Homoptera: Aphididae), on the parasitism of the aphid by the primary parasitoid, *Lysiphlebus japonicus* (Hymenoptera: Aphididae), and its larval survival. *Appl. Entomol. Zool.*, **38** (3): 347-357.
- KANEKO, S. 2007. Predator and parasitoid attacking ant-attended aphids: effects of predator presence and attending ant species on emerging parasitoid numbers. *Ecol Res.*, **22**: 451-458.
- KARHU, K. J. 1998. Effects of ant exclusion during outbreaks of a defoliator and a sap-sucker on birch. *Ecological Entomology*, **23**: 185-194.
- KAVALLIERATOS, N. G., ATHANASSIOU, C. G., STATHAS, G. J., TOMANOVIC, Z. 2002. Aphid Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on Citrus: Seasonal Abundance, Association with the Species of Host Plant, and Sampling Indices. *Phytoparasitica*, **30** (4): 365-377.
- KAVALLIERATOS, N. G., ATHANASSIOU, C. G., TOMANOVIC, Z., PAPADOPOULOS, G. D., Y VAYIAS, B. J. 2004. Seasonal abundance and effect of predators (Coleoptera, Coccinellidae) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) on *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphidoidea) densities on tobacco: a two-year study from Central Greece. *Biologia, Bratislava*, **59/5**: 613-619.
- LEITE, M. V., SANTOS, T. M., SOUZA, B., CALIXTO, A. M., CARVALHO, C. F. 2006. Biología de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. *Ciê. Agrotec.* **32**: 1394-1401.
- LLORENS, C. J. 1990. *Homóptera II: Pulgones de los cítricos y su control biológico*. Pisa Ediciones, Alicante, 170 pp.
- LUMBIERRES, B., STARÝ, P., PONS, X. 2007. Seasonal parasitism of cereal aphids in a Mediterranean arable crop system. *J. Pest. Sci.*, **80**: 125-130.
- MAGRAMA. 2010. Estadísticas Agricultura Ecológica de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y marino. [http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/laagriculturaecologica/INFORME_NACIONAL_2010_\(4\)_tcm7-171341.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/laagriculturaecologica/INFORME_NACIONAL_2010_(4)_tcm7-171341.pdf).
- MAGRAMA. 2011. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos de España. http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/ESPANA_YCCA_A_tcm7-213915.pdf
- MAY, R., M., HASSELL, M., P. 1981. The dynamics of multiparasitoid-host interactions. *The American Naturalist*, **117** :234-261.
- MICHELENA, J. M., GONZÁLEZ, P., SOLER, E. 2004. Parasitoides afidiinos (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) de pulgones de cultivos agrícolas en la Comunidad Valenciana. *Bol. San. Veg. Plagas*, **30**: 317-326.
- MICHELENA, J. M., SANCHIS, A. 1997. Evolución del parasitismo y fauna útil sobre pulgones en una parcela de cítricos. *Bol. San. Veg. Plagas*, **23**: 241-255.
- MICHELENA, J. M., SANCHOS, A., GONZÁLEZ, P. 1994. Afidiinos sobre pulgones de frutales en la Comunidad Valenciana. *Bol. San. Veg. Plagas*, **20**: 465-470.
- MÜLLER, C. B., ADRIANSE, I. C. T., BELSHAW, R., GODFRAY, H. C. J. 1999. The structure of an aphid-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, **68**: 346-370.
- PASCUAL-RUIZ, S., URBANEJA, A. 2006. Lista de efectos secundarios de plaguicidas sobre fauna útil en cítricos. *Levante Agrícola*, **380**: 186-191.
- PERDIKIS, D. CH., LYKOURESSIS, D. P., GARANTONAKIS, N. G., IATROU, S. A. 2004. Instar preference and parasitization of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) by the parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Eur. J. Entomol.*, **101**: 333-336.
- PIÑOL, J., ESPADALER, X., CAÑELLAS, N., PEREZ, N. 2009. Effects of the concurrent exclusion of ants and earwigs on aphid abundance in an organic citrus grove. *BioControl*, **54**: 515-527.
- PONS, X., LUMBIERRES, B., STARÝ, P. 2004. Expansión de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym., Braconidae, Aphidiinae) en el Noreste de la Península Ibérica. *Bol. San. Veg. Plagas*, **30**: 547-552.
- PONS, X., STARÝ, P. 2003. Spring aphid-parasitoid (Hom., Aphididae, Hym., Braconidae) associations and interactions in a Mediterranean arable crop ecosystem, including Bt maize. *Journal Pest Science*, **76**: 133-138.
- SAMWAYS, M.J., TATE, B.A. 1985. A highly efficacious and inexpensive trunk barrier to prevent ants from

- entering citrus trees. *Citrus Subtropicale Fruit Journal*, **618**: 12-14.
- SOLER, J. M., GARCIA-MARÍ, F., ALONSO, D. 2002. Evolución estacional de la entomofauna auxiliar en cítricos. *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**: 133-149.
- STARÝ, P. 1970. *Biology of aphid parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) with respect to integrated control*. Series Entomological 6. Dr. W. Junk, The Hague. 643 pp.
- STARÝ, P. 1977. Dendrocerus-hyperparasites of aphids in Czechoslovakia (Hymenoptera, Ceraphronoidea). *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, **74**: 1-9.
- SULLIVAN, D.J., VÖLKL, W. 1999. Hyperparasitismo: Multitrophic Ecology and Behavior. *Annu. Rev. Entomol*, **44**: 291-315.
- TIZADO, E. J., NUÑEZ-PÉREZ, E. 1991. Aportación al conocimiento en España de los parasitoides de pulgones de la subfamilia Aphidiinae (Hym. Braconidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **17**: 545-554.
- VÖLKL, W., STECHMANN, D. -H. 1998. Parasitism of the black bean aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphidiidae): the influence of host plant and habitat. *J. Appl. Ent.*, **122**: 201-206.
- YOLDAS, Z., GÜNCAN, A., KOÇLU, T. 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türk. Entomol. Derg.*, **35** (1): 59-74.
- VAN VEEN, F.,J.,F., RAJKUMAR, A., MÜLLER, C.,B., GODFRAY, H.,C.,J. 2001. Increased reproduction by pea aphids in the presence of secondary parasitoids. *Ecological Entomology*, **26**: 425-429.

(Recepción: 20 julio 2012)

(Aceptación: 27 diciembre 2013)