

**UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Trabajo Final de Graduación

**Sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en
lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) orgánica en Costa Rica: estrategias de control
biológico por conservación**

**Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar
al grado de Licenciatura en Manejo de Recursos Naturales**

Daniela Azofeifa Jiménez

**Campus Omar Dengo
Heredia, 2016**

Agradecimientos

Al universo por la buena fortuna, determinación y fortaleza para realizar este trabajo.

A mi padre José Antonio Azofeifa Zúñiga por ser la persona que me motivó a iniciar este viaje por el mundo de los insectos. A mi madre Yamileth Jiménez Moya, mi hermana y hermanos por su apoyo familiar incondicional, motivación y fortaleza a pesar de estar a la distancia.

A todas las personas que me apoyaron en la realización y revisión de este trabajo: a la Dra. María Ángeles Marcos García Catedrática de Zoología de la Universidad de Alicante y directora del Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO), por su dirección, importantes aportes y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. A Nicolás Pérez Hidalgo del departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León, España, por sus importantes observaciones, por la identificación de los pulgones y por su apoyo en la clave de pulgones asociados al cultivo de lechuga. A Manuel Ángel Zumbado Arrieta por su apoyo durante el trabajo de crianza e identificación de los sírfidos, por sus aportes, revisiones y apoyo incondicional. A MSc. Randall Jiménez Quirós por su ayuda en los análisis estadísticos. A MSc. Gina Paola Borrero González por ser la tutora de mi tesis, por su apoyo y observaciones. A MSc. Fabián Pacheco Rodríguez por su apoyo y por darme la oportunidad de exponer mi trabajo en el CNEAO. A Ph.D. Federico Villalobos por su apoyo como asesor.

A los agricultores que me permitieron efectuar el estudio en sus fincas, a Álvaro Castro Gómez[†] de la Finca La Pavilla, Luis Roberto Castro Gómez de la Finca La Socola, Fabián Pacheco Rodríguez de la Finca Agroecológica Amalur y al Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (CNEAO).

A William Villalobos Müller del centro de investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica por la identificación de pulgones, a Ronald Zúñiga Ramírez curador de Hymenoptera de la colección del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) por la identificación de las avispas parasitoides, a F. Christian Thompson del United States National

Museum (Natural History) Smithsonian Institution, Washington, por la identificación de los sírfidos, y a Carlos Hernández Fernández del INBio por la toma y edición de las fotografías de sírfidos para la clave del capítulo 2, Fig. 4 a Fig. 7, y las avispas parasitoides Anexo 7.

Al INBio por ser la institución donde me formé en entomología y por permitirme procesar, identificar y depositar los especímenes de esta investigación.

A Roxana M. Víquez gerente regional de responsabilidad social corporativa del BAC y Elena Galante Marcos gerente local de responsabilidad social corporativa del BAC San José, Costa Rica, por su apoyo económico para la realización de la tesis.

Dedicatoria

A mi padre José Antonio Azofeifa Zúñiga por introducirme en el mundo de los insectos y por su dedicación y empeño como parataxónomo del INBio por tantos años.

A mi madre Yamileth Jiménez Moya, mi hermana Gabriela Azofeifa Jiménez y hermanos Fabián Azofeifa Jiménez e Igor Azofeifa Jiménez por su apoyo, amor y motivación.

A Manuel A. Zumbado Arrieta por su amplia colaboración, amistad y apoyo incondicional.

A todos los parataxónomos del INBio, personas sencillas y humildes, que con mucho esfuerzo, amor y sacrificio han contribuido en gran manera al conocimiento de la biodiversidad del país.

Resumen

Los sírfidos de la subfamilia Syrphinae son un grupo de insectos dípteros que visitan flores en busca de polen y néctar, cuyas larvas se alimentan principalmente de “homópteros de cuerpo blando”. Son ampliamente reconocidos por su potencial en el control de pulgones, especialmente en el control biológico por conservación, una práctica que busca la manipulación del ambiente para favorecer a los enemigos naturales presentes en los agroecosistemas. El muestreo se realizó en cuatro fincas orgánicas, con el fin de determinar: a) la diversidad de sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga y en los parches de flores, b) evaluar el efecto de la abundancia de sírfidos depredadores, la temperatura, el tipo de lechuga y el crecimiento del cultivo de lechuga (semanas después del trasplante de las plántulas) sobre la abundancia de pulgones, c) evaluar el efecto de la abundancia de pulgones, la temperatura, edad y la variedad de lechuga sobre la presencia de sírfidos depredadores en el cultivo de lechuga, d) aportar recomendaciones de manejo mediante el control biológico por conservación y e) realizar una guía ilustrada de identificación de los sírfidos afidófagos y pulgones asociados al cultivo de lechuga en Costa Rica. Se realizaron recolectas directas de sírfidos inmaduros y pulgones en el cultivo de lechuga, cada 15 días, de febrero a julio del 2014. Las larvas y pupas se criaron para obtener los adultos. En los parches de flores cerca de los cultivos se capturaron sírfidos adultos mediante el uso de red entomológica y trampas Malaise. Se registraron cinco especies de sírfidos en el cultivo de lechuga: *Allograpta obliqua* (52.80%), *Toxomerus watsoni* (21.60%), *A. exotica* (14.80%), *T. mutuus* (6.80%) y *T. CR-3Thompson* (4.00%). Solo el 1% de la crianza estuvo parasitado por himenópteros (n= 481). En los parches de flores se encontraron 18 especies de sírfidos afidófagos, siendo predominantes las cinco especies mencionadas. Se observaron características idóneas en los sírfidos como agentes de control biológico, tales como: respuesta directa a la densidad de la especie plaga, aprovechamiento de los recursos florísticos dentro de las fincas y baja tasa de parasitismo. Las recomendaciones para favorecer las poblaciones de sírfidos afidófagos en los sistemas agrícolas incluyen: la diversificación de cultivos, proporcionar presas alternativas, suministrar recursos florísticos y mantener poblaciones residuales de fitófagos. Se realizó una guía ilustrada de las principales especies de sírfidos depredadores y los pulgones asociados al cultivo de lechuga.

Índice de contenidos

Agradecimientos	ii
Dedicatoria.....	iv
Resumen.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
REFERENCIAS	4
OBJETIVOS.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Capítulo 1. Diversidad de los sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L. (Asteraceae) en fincas orgánicas de hortalizas de Costa Rica: estrategias de control biológico por conservación.....	9
Abstract	10
INTRODUCCIÓN.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
DISCUSIÓN.....	27
RESUMEN.....	33
REFERENCIAS.....	34
Capítulo 2. Guía ilustrada para la identificación de los sírfidos afidófagos (Diptera: Syrphidae) y pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo orgánico de lechuga <i>Lactuca sativa</i> (Asteraceae) en Costa Rica.....	42
Abstract	43

INTRODUCCIÓN.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
RESULTADOS	46
Descripción de los sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga.	47
Clave para la identificación de los sírfidos adultos afidófagos presentes en el cultivo orgánico de lechuga.....	52
Descripción de las especies de pulgones asociados al cultivo de lechuga orgánica	56
Clave para hembras vivíparas ápteras adultas y aladas	62
RESUMEN	67
REFERENCIAS	68
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES.....	73
GLOSARIO	74
ANEXOS.....	75

Índice de cuadros

Capítulo 1. Diversidad de los sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) en fincas orgánicas de hortalizas de Costa Rica: estrategias de control biológico por conservación

Cuadro 1. Datos de las cuatro fincas orgánicas 14

Cuadro 2. Composición de especies de sírfidos afidófagos asociadas a los parches de flores y al cultivo de lechuga en fincas orgánicas, de febrero a julio del 2014. 19

Capítulo 2. Guía ilustrada para la identificación de los sírfidos afidófagos (Diptera: Syrphidae) y pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo orgánico de lechuga *Lactuca sativa* (Asteraceae) en Costa Rica

Cuadro 1. Datos geográficos de las cuatro fincas orgánicas..... 45

Índice de figuras

Capítulo 1. Diversidad de los sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) en fincas orgánicas de hortalizas de Costa Rica: estrategias de control biológico por conservación

Fig. 1. Abundancia relativa de los sírfidos afidófagos asociados al cultivo de lechuga en los sitios de muestreo	20
Fig. 2. Distribución temporal de los sírfidos inmaduros en el cultivo de lechuga en cada finca orgánica. La línea de color rojo corresponde a la abundancia de pulgones.....	21
Fig. 3. Abundancia relativa de los sírfidos afidófagos asociados a parches de flores en los sitios de muestreo.	22
Fig. 4. Distribución temporal de los sírfidos adultos asociados a parches de flores en cada finca orgánica.	23
Fig. 5. Abundancia promedio de los pulgones en los meses de muestreo.....	24
Fig. 6. Promedio de la abundancia de pulgones respecto a la edad de la lechuga (n=93).....	24
Fig. 7. Abundancia promedio de pulgones según el tipo de lechuga.	25
Fig. 8. Presencia/ausencia de sírfidos inmaduros en relación con el promedio de pulgones en el cultivo de lechuga. Las líneas indican intervalos de confianza al 95%	26
Fig. 9. Promedio de la temperatura a través de los meses de muestreo.....	26

Capítulo 2. Guía ilustrada para la identificación de los sírfidos afidófagos (Diptera: Syrphidae) y pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo orgánico de lechuga *Lactuca sativa* (Asteraceae) en Costa Rica

Fig. 1. Estados inmaduros de los sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga; A: larva de <i>Allograpta</i> ; B: larva de <i>T. mutuus</i> ; C: pupa de <i>Allograpta</i> ; D: pupa de <i>Toxomerus</i> ; E: ERP de <i>Allograpta</i> ; F: ERP de <i>Toxomerus</i>	48
--	-----------

Fig. 2. Tórax y la base del abdomen, vista lateral, Syrphidae (tomada de Thompson, 1999, Fig. 8). anepm: anepimerum; cx1: coxa 1; cx2: coxa 2; cx 3: coxa 3; anepst: anepisternum; kepm: katepimerum; kepst: katepisternum; ktg: katatergitum; set: scutum; setl: scultelum; sut trn: sutura transversal.	50
Fig. 3. Ala de Syrphidae (tomada de Vockeroth & Thompson, 1981, Fig. 48).....	50
Fig. 4. Hembras dicópticos (A y B) y machos holópticos (C y D).....	51
Fig. 5. Características de <i>Allograpta</i> y <i>Toxomerus</i> ; A: cabeza de <i>Allograpta</i> en vista lateral; B: cabeza de <i>Toxomerus</i> en vista lateral, flecha apuntando la muesca en forma de triángulo; C: línea discontinua en <i>Allograpta</i> ; D: línea continua en <i>Toxomerus</i> ; E: abdomen de <i>Allograpta</i> ; F: abdomen de <i>Toxomerus</i>	53
Fig. 6. Características de <i>A. exotica</i> y <i>A. obliqua</i> ; A: cara negra, <i>A. exotica</i> ; B: cara marrón, <i>A. obliqua</i> ; C: katepimero negro, <i>A. exotica</i> ; D: katepimerum blanco, <i>A. obliqua</i> ; E: <i>A. exotica</i> vista lateral; F: <i>A. obliqua</i> vista lateral.....	54
Fig. 7. Vista lateral y abdomen de las especies de <i>Toxomerus</i> ; A y B: <i>T. mutuus</i> ; C y D: <i>T. CR-3</i> Thompson; E y F: <i>T. watsoni</i>	55
Fig. 8. Características morfológicas generales de los pulgones; A: antena; B: ala anterior; C: ala posterior; D: protórax; E: mesotórax; F: metatórax; G: patas; H: cauda; I: sifúnculo; J: segmentos abdominales I-VIII; K: rostro; L: ojo compuesto; M: cabeza. (Tomada de Voegtlin et al., (2003), Fig. 1).....	57
Fig. 9. Reticulación de cornículos; A: reticulación apical; B: reticulados; C: algunas veces se forman dos capas de polígonos en el ápice, pero no son consideradas reticulaciones; R: reticulaciones; S: sifunculos o cornículos. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014). ApidID. Consulta http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php . 16 febrero 2016).	58
Fig. 10. Características morfológicas de las antenas; A: escápula y pedicelo (segmentos basales I-II); B: flagelo (segmentos III- VI); C: processus terminalis; D: base; E: rinarios o sensorios secundarios. (Tomada de Voegtlin et al., (2003), Fig. 2).	59
Fig. 11. Pulgones del cultivo de lechuga; A: <i>A. gossypii</i> ; B y C: <i>A. solani</i> ; D: <i>N. ribisnigri</i> ; E: <i>M. euphorbiae</i> ; F: <i>U. ambrosiae</i> . (Descargadas de http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/ , 15 febrero 2016).....	61

- Fig. 12.** Cornículos de *A. gossypii* color negro (A: espécimen aclarado; B: espécimen vivo), y cornículos de *M. euphorbiae* con el ápice oscuro (C: espécimen aclarado; D: espécimen vivo). (A, C: modificados de Voetling et al., (2003); B, C: Descargadas de <http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/>, 15 febrero 2016). **64**
- Fig. 13.** Cornículos; A: *A. gossypii*; B: *A. solani*; C: *N. ribisnigri*; D: *M. euphorbiae*; E: *U. ambrosiae*. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014) ApidID. Consulta <http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php>, 16 febrero 2016). **65**
- Fig. 14.** Patrones de esclerotización de abdomen de áfidos: A: *A. gossypii* áptero; B: *A. gossypii* alado (líneas marcan los escleritos marginales); C: *U. ambrosiae* alado (a: esclerotización en la base de las setas; b: esclerotización en zona posterior de los cornículos); D: *N. ribisnigri* alado; E: *A. solani* áptero; F: *A. solani* alado. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014). AphID. Consulta <http://aphid.aphidnet.org>, 16 febrero 2016). **66**

Índice de anexos

Anexo. 1. Finca orgánica La Socola, Cipreses, Cartago.....	75
Anexo. 2. Finca Agroecológica Amalur, San Isidro, Heredia.....	75
Anexo. 3 Centro Nacional Especializado de Agricultura Orgánica.....	76
Anexo. 4. Finca Orgánica La Pavilla, Cipreses, Cartago.....	76
Anexo. 5. Trampa Malaise.....	77
Anexo. 6. Hembra de <i>Allograpta</i> poniendo huevos en lechuga en la finca orgánica La Socola.....	78
Anexo. 7. Avispas parasitoides de sírfidos: A; <i>Sussaba callosa</i> (Ichneumonidae), B; Cryptinae (Ichneumonidae).....	78
Anexo. 8. Especies de sírfidos afidófagas en los parches de flores de las fincas orgánicas...79	
Anexo. 9. Planta reservorio de pulgones; A: nabillo <i>B. campestris</i> (Brassicaceae), B: pulgones <i>B. brassicae</i>	80

INTRODUCCIÓN GENERAL

El control biológico se define como el uso de organismos vivos, tales como parasitoides y depredadores para el control de otros animales o de plantas (Altieri, Rosset, & Nicholls, 1997). Este método no reduce de forma inmediata las poblaciones de la especie plaga, sin embargo, puede controlarlas cuando las densidades son bajas, regulando su crecimiento poblacional (Murdoch & Briggs, 1996; Bale, van Lenteren, & Bigler, 2008).

Existen diversas estrategias de control biológico: control natural, control por conservación, control clásico y el control aumentativo. El control biológico por conservación (CBC) se basa en la manipulación del ambiente para favorecer a los enemigos presentes naturalmente en el agroecosistema (Landis, Wratte, & Gurr, 2000; Zehnder et al., 2007; Jonsson, Wratten, Landis, & Gurr, 2008). Requiere del conocimiento sobre la historia natural, requerimientos de hábitat, clima y fenología de la plaga y del enemigo natural, entre otros (Murdoch & Briggs, 1996; Jonsson et al., 2008).

Las prácticas de CBC están enfocadas a prolongar la existencia de los enemigos naturales mediante el abastecimiento de recursos alimenticios, plantas hospederas y la disminución de depredadores o parasitoides que afectan al agente controlador (Landis et al., 2000). Gran parte de estas prácticas están dirigidas al manejo del hábitat, lo que implica asegurar la existencia de los recursos necesarios para el establecimiento de los enemigos naturales mediante la manipulación del ambiente dentro de las fincas productivas y en áreas circundantes (Pineda, 2008).

La mayoría de insectos beneficiosos en los agroecosistemas se encuentran asociados a recursos de las plantas, tales como polen, néctar, semillas y refugio (Landis et al., 2000). Este es el caso de los sírfidos depredadores (Diptera: Syrphidae), que necesitan del polen para su maduración sexual y del néctar como recurso energético para realizar su característico vuelo (Rotheray & Gilbert, 2011). Los sírfidos conforman una familia de dípteros compuesta por más de 6000 especies, distribuidas en todo el mundo excepto en la Antártida. La subfamilia Syrphinae está

compuesta por más de 2000 especies, con larvas depredadoras y unas pocas fitófagas. Las larvas depredadoras se alimentan de pequeños insectos conocidos como “homópteros de cuerpo blando”, que se consideran plagas agrícolas importantes como los pulgones (Aphididae), escamas (Coccoidea), psílidos (Psyllidae) y mosca blanca (Aleyrodidae), pero también pueden depredar larvas de Lepidoptera y hasta insectos adultos (Rojo, Gilbert, Marcos-García, Nieto, & Durante, 2003).

El consumo de polen y néctar en los sírfidos es la clave para su introducción o fomento en los agroecosistemas, por lo que se han realizado estudios descriptivos de la composición florística en los agroecosistemas y la comunidad de insectos asociados (Chaney, 1998; Denys & Tscharrntke 2002), ensayos sobre la introducción de recurso florístico en los cultivos para favorecer a los depredadores (Ambrosino, 2006; Pineda, 2008), estudios sobre el consumo de polen, enfocados en describir el ámbito de especies vegetales cuyo polen es consumido por los sírfidos (Owen, 1981; Taylor, Hickman, Lövei, & Wratten, 1995; Irvin, Wratten, Frampton, Bowie, Evans, & Moar, 1999) y la selectividad en el uso del recurso florístico (Haslett, 1989; Branquart, & Hemptinne, 2000).

El conocimiento de los sírfidos depredadores de áfidos (afidófagos) ha crecido siendo la subfamilia más estudiada, a pesar del gran número de especies que la componen (Rojo et al., 2003). La mayoría de los trabajos sobre la importancia de los sírfidos como agentes controladores de pulgones se han realizado en países europeos, donde los pulgones son una plaga primordial, en cultivos como cereales (Chambers & Adams, 1986), brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* (Brassicaceae) (Ambrosino, Jepson, & Luna, 2007), col de bruselas *B. oleracea* var. *gemmifera* (Brassicaceae) (Pollard, 1971), lechuga *Lactuca sativa* (Asteraceae) (Morales et al., 2006; Bertolaccini, Núñez-Pérez, & Tizado, 2012) y chile *Capsicum annum* (Solanaceae) (Pineda, 2008).

Sin embargo en los trópicos el conocimiento sobre la historia natural de los sírfidos afidófagos y su aplicación en el control biológico es un tema poco explorado. El registro más grande y completo de la diversidad de sírfidos en Costa Rica fue realizado por el Instituto Nacional de Biodiversidad, con 14 géneros y 214 especies registradas en todo el territorio nacional

principalmente en áreas silvestres protegidas (INBio, 2013). Por otro lado Ureña & Hanson (2010) registraron el comportamiento de depredación de las larvas de sírfidos sobre insectos adultos en cítricos.

En Costa Rica los pulgones son poco diversos comparado con las poblaciones del hemisferio Norte, sin embargo siguen siendo plagas importantes debido a los daños que provocan a los cultivos, principalmente por la transmisión de virus y succión de savia (Voegtlin, Villalobos, Sánchez, Saborío, & Rivera, 2003). Son plagas importantes en diversos cultivos, tales como papa *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (Meneses & Amador, 1990), tomate *S. lycopersicum* (Solanaceae) (MAG, 1991) y melón *Cucumis melo* (Cucurbitaceae) (Sánchez, Agüero, & Rivera, 2001).

Según la tendencia del uso de plaguicidas en Costa Rica y el resto de Centroamérica, es fácil imaginar que en una plantación convencional las poblaciones de plagas se mantengan reguladas por el uso intensivo de plaguicidas. De hecho, el uso de plaguicidas en el manejo integrado de plagas ha sido la norma desde la introducción de plaguicidas a Costa Rica en 1940 (OPS, 2003). Desde entonces los plaguicidas se han visto como una solución drástica y puntual, sin embargo se ha refutado su efectividad debido a la aparición de resistencias por parte de las plagas y las serias consecuencias en el ecosistema (García, 1997), como: erosión del suelo, pérdida de diversidad, resistencia a los plaguicidas, disminución de la permeabilidad de los suelos y mayor vulnerabilidad de los cultivos ante las plagas (OPS, 2003).

Ante este panorama es de suma importancia fomentar e implementar estudios enfocados en el manejo ecológico de los agroecosistemas. Por lo tanto este trabajo está dirigido a obtener información pionera y válida sobre la diversidad de los sírfidos afidófagos con el fin de hacer propuestas dirigidas a favorecer su presencia natural en los agroecosistemas por medio del CBC.

REFERENCIAS

- Altieri, M. A., Rosset, P. M., & Nicholls, C. I. (1997). Biological control and agricultural modernization: Towards resolution of some contradictions. *Agriculture and Human Values*, *14*, 303–310. doi: 10.1023/a:1007499401616
- Ambrosino, M. D. (2006). Enhancing the predatory potential of hoverflies on aphids in Oregon broccoli fields with floral resources. Oregon State University. USA.
- Ambrosino, M. D., Jepson, P. C., & Luna, J. M. (2007). Hoverfly oviposition response to aphids in broccoli fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *122*(2), 99–107. doi: 10.1111/j.1570-7458.2006.00499.x
- Bale, J. S., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *363*(1492), 761–76. doi: 10.1098/rstb.2007.2182
- Bertolaccini, I., Núñez-Pérez, E., & Tizado, E. J. (2012). Diversidad y proporción sexual de Syrphidae en cultivos de leguminosas y plantas espontáneas, León (España). *Revista de Ciencias Agrarias*. *35*, 99–107.
- Branquart, E., & Hemptinne, J. (2000). Selectivity in the Exploitation of Floral Resources by Hoverflies (Diptera: Syrphinae). *Ecography*, *23*(6), 732–742.
- Chambers, R. J., & Adams, T. H. L. (1986). Quantification of the impact of hoverflies (Diptera, Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *The Journal of Applied Ecology*, *23*(3), 895–904. Recuperado de [http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901\(198612\)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S](http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901(198612)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S)

- Chaney, W. E. (1998). Biological control of aphids in lettuce using infield insectaries. En: Charles, H., & Bugg, R. L. (Eds.). *Enhancing biological control. Habitat management to promote natural enemies of agricultural pest* (pp. 73-78). California: University of California Press.
- Denys, C., & Tschardtke, T. (2002). Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecología*, 130(2), 315–324. doi: 10.1007/s004420100796
- García, J. E. (1997). Consecuencias indeseables de los plaguicidas en el ambiente. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 119–135.
- Haslett, J. R. (1989). Interpreting patterns of resource utilization: randomness and selectivity in pollen feeding by adult hoverflies. *Oecología*, 78, 433–442.
- INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad). (2013). Sistema de consulta Atta. Santo Domingo, Heredia. Consultado el 14 de setiembre del 2013 desde <http://atta.inbio.ac.cr>
- Irvin, N. a., Wratten, S. D., Frampton, C. M., Bowie, M. H., Evans, a. M., & Moar, N. T. (1999). The phenology and pollen feeding of three hover fly (Diptera: Syrphidae) species in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 26(2), 105–115.
- Jonsson, M., Wratten, S. D., Landis, D. A., & Gurr, G. M. (2008). Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biocontrol*, 45, 172–175. Recuperado de [http://www.landislab.ent.msu.edu/pdf/Landis PDF Collection/8.Jonsson.Wratten.Landis.Gurr.2008.Recent advances in conservation.pdf](http://www.landislab.ent.msu.edu/pdf/Landis_PDF_Collection/8.Jonsson.Wratten.Landis.Gurr.2008.Recent%20advances%20in%20conservation.pdf)
- 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, 175–201. doi: 10.1146/annurev.ento.45.1.175

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. *Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola*. San José, Costa Rica.
- Meneses, R., & Amador, R. (1990). Los áfidos alados de la papa y su fluctuación poblacional en CR. *Manejo Integrado de Plagas*, 15, 35–44.
- Morales, I., Aguado, J. M., Nebreda, M., Díaz, B. M., Romero, A., Pineda, A., Marcos-García, M^a. A., & Ferreres, A. (2006). Diversidad de enemigos naturales de pulgones en cultivos de lechuga. *Cuadernos de Biodiversidad*, 21, 15–19.
- Murdoch, W. W., & Briggs, C. J. (1996). Theory for Biological Control : Recent Developments. *Ecology*, 77(7), 2001–2013.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2003). Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica. San José: Ministerio de Salud.
- Owen, J. (1981). Trophic variety and abundance of hoverflies (Diptera, Syrphidae) in an English suburban garden. *Holarctic Ecology*, 4(3), 221–228.
- Pineda, A. M. (2008). Los sírfidos (Diptera, Syrphidae) en el control integrado de plagas de pulgón en cultivos de pimiento de invernadero. Centro iberoamericano de la biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante. Alicante, España.
- Pollard, B. Y. E. (1971). Habitat Diversity and Crop Pests: A Study of *Brevicoryne brassicae* and its Syrphid Predators. *Journal of Applied Ecology*, 8(3), 751–780.
- Rojo, S., Gilbert, F., Marcos-García, M. A., Nieto, J. M., & Durante, M. P. (2003). A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. Alicante. España. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO).

- Rotheray, G.E., & Gilbert, F. (2011). The natural history of hoverflies. Inglaterra: Forrest text. London.
- Sánchez, M. V., Agüero, R., & Rivera, C. (2001). Plantas hospederas de *Aphis gossypii* (Aphididae), vector de virus del melón *Cucumis melo* (Cucurbitaceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 305–311. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000100029&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Taylor, P., Hickman, J. M., Lövei, G. L., & Wratten, S. D. (1995). Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melanostoma fasciatum* (Diptera: Syrphidae). *New Zealand Journal of Zoology*, 22, 387–392.
- Ureña, O., & Hanson, P. (2010). A fly larva (Syrphidae: *Ocyptamus*) that preys on adult flies. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1157–63. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21246986>
- Voegtlin, D., Villalobos, W., Sánchez, M. V., Saborío, G., & Rivera, C. (2003). A guide to the winged aphids (Homoptera) of Costa Rica. *Rev.Biol.Trop*, 51(2), 1–22.
- Zehnder, G., Gurr, G. M., Kühne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D., & Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52, 57–80. doi: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091337

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la diversidad de sírfidos depredadores de pulgones en fincas orgánicas de hortalizas con el fin de generar recomendaciones de manejo para favorecer su presencia y utilización en el control biológico por conservación.

Objetivos específicos

Determinar la diversidad de sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga y en los parches de flores de las fincas orgánicas de hortalizas.

Evaluar el efecto de la abundancia de sírfidos depredadores, temperatura, el tipo y la edad de lechuga sobre la abundancia de pulgones.

Evaluar el efecto de la abundancia de pulgones, la temperatura, la edad y tipo de lechuga sobre la presencia de sírfidos depredadores en el cultivo de lechuga.

Aportar recomendaciones de manejo mediante el control biológico por conservación para favorecer a estos enemigos naturales.

Realizar una guía ilustrada de identificación de los sírfidos afidófagos y pulgones asociados al cultivo de lechuga en Costa Rica.

Capítulo 1

Diversidad de los sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) en fincas orgánicas de hortalizas de Costa Rica: estrategias de control biológico por conservación

Daniela Azofeifa Jiménez¹, María Ángeles Marcos García², Nicolás Pérez Hidalgo³, Manuel A. Zumbado Arrieta⁴.

1. San José, Costa Rica: azofeifajd@gmail.com
2. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad de la Universidad de Alicante, Alicante, España; marcos@ua.es
3. Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León, España; nperh@unileon.es
4. Investigador asociado al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia, Costa Rica; mzumbado@INBio.ac.cr, zzuman@gmail.com.

Abstract

The aphidophagous hoverflies have been widely recognized for their potential in conservation biological control of aphids, which is based on the manipulation of the environment to favor natural enemies. The objective was to evaluate the diversity of syrphid predators of aphids in organic vegetable farms in order to generate management recommendations to further improve its presence and use in conservation biological control. The study was conducted in four organic farms, from February to July 2014. Direct hand collecting of immature hoverflies and aphids on lettuce crops was conducted every 15 days. Adult hoverflies were captured with Malaise traps and sweeping nets in patches of flowers near crops. The aphidophagous syrphids found on lettuce crops were: *Allograpta obliqua* (52.80%), *Toxomerus watsoni* (21.60%), *A. exotica* (14.80%), *T. mutuus* (6.80%) and *T. CR-3Thompson* (4.00%). Only 1% of the reared specimens were parasitized by wasps (n= 481). Eighteen species of aphidophagous hoverflies were found on the patches of flowers, with the same five dominant species. Ideal characteristics were observed in hoverflies as biological control agents, such as response to pest density, use of nectar and pollen sources, and low parasitism. Recommendations to favor aphidophagous syrphids in agricultural systems include crop diversification, to provide alternative prey, to provide nectar and pollen sources and maintaining low populations of the herbivore insects.

Key words: aphidophagous hoverflies, biological control, aphid pest, organic lettuce crops, agroecology.

INTRODUCCIÓN

Los sírfidos (Díptera: Syrphidae) se conocen comúnmente como “las moscas de las flores” debido a que con frecuencia se observa a los adultos visitando flores, en busca de polen que necesitan para su maduración sexual y de néctar, que es el recurso energético que requieren para realizar su característico vuelo cernido (Rotheray & Gilbert, 2011). La mayoría de larvas de la subfamilia Syrphinae son depredadoras de pequeños hemípteros de cuerpo blando como: pulgones (Aphididae), escamas (Coccoidea) y mosca blanca (Aleyrodidae) (Thompson, Rotheray, & Zumbado, 2012), que conforman plagas importantes en cultivos de hortalizas y frutales.

Es ampliamente reconocido el potencial de los sírfidos depredadores en el control biológico de pulgones (Chambers & Adams, 1986; Tenhumberg & Poehling, 1995; Tenhumberg, 1995; Rojo, Gilbert, Marcos-García, Nieto, & Durante, 2003; Brewer & Elliott, 2004; Freier, Triltsch, Mowes, & Moll, 2007; Haenke, Scheid, Schaefer, Tschardtke, & Thies, 2009; Almohamad, Verheggen, & Haubruge, 2009), debido a que reúnen características idóneas como: la gran voracidad de sus larvas, pudiendo consumir hasta 1.000 pulgones durante su desarrollo larval (Tenhumberg & Poehling, 1995; Rojo et al., 2003), su rápido desarrollo larval, concluido en una semana cuando los pulgones son abundantes (Ambrosino, 2006) y la capacidad de las hembras de detectar y poner los huevos muy cerca de colonias incipientes de pulgones (Almohamad et al., 2009).

No obstante, la característica clave de los sírfidos que los convierte en excelentes agentes para el control biológico de pulgones es el hábito antófago de los adultos, que facilita su integración en las estrategias del control biológico por conservación (CBC), que se basa en el manejo del agroecosistema con el fin de aumentar las condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de los enemigos naturales, o minimizar los elementos que pueden influirles negativamente (Landis, Wratten, & Gurr, 2000). Por lo tanto para desarrollar el CBC se requiere del conocimiento completo de la historia natural, requerimientos de hábitat, temperatura, humedad, redes tróficas, fenología de la plaga y del enemigo natural, para efectuar estrategias de manejo del hábitat efectivas (Gurr, Wratten, & Altieri, 2004). Entre estas estrategias se encuentra el abastecimiento de recursos que están ausentes o son insuficientes en el cultivo, como

hospedadores alternativos, hábitat refugio o recursos tróficos (Pineda & Marcos-García, 2008a; Pineda & Marcos-García, 2008b; Brennan, 2016).

Por su parte, los pulgones se encuentran entre las plagas más importantes en los agroecosistemas (Almohamad et al., 2009), por su eficiente estrategia de reproducción partenogenética y su hábito alimenticio fluidófago (Coto, 2004). El daño que causan en los cultivos se debe a la perforación de los tejidos para la succión de la savia, la transmisión de numerosos virus vegetales y la proliferación de hongos, que crecen sobre el líquido azucarado que producen, y que interfieren con la fotosíntesis (Calvo & Fuentes, 1980; Coto, 2004). Suelen presentar gran especificidad hacia la planta hospedera, alimentándose de plantas de un mismo género o de géneros relacionados. Sin embargo, la mayoría de los pulgones plaga son polívoros haciendo más arduo su combate (Voegtlin, Villalobos, Sánchez, Saborío, & Rivera, 2003).

Por muchos años, el control químico ha constituido una estrategia de gran importancia para el control de plagas, permitiendo en un inicio un control eficiente, a corto plazo, tanto de las principales especies plaga como de las plagas de menor importancia económica (Ramakers, 2004). Sin embargo, en la actualidad existe una conciencia creciente sobre los múltiples problemas que su uso conlleva. Uno de ellos es el desarrollo, por parte de los organismos plaga, de resistencias a los principales plaguicidas como consecuencia de su continua exposición a las materias activas, que ha reducido drásticamente su eficacia. Otro gran inconveniente es el perjuicio que ocasionan en el medio ambiente, tales como; toxicidad, contaminación, plagas secundarias, pérdida de la biodiversidad y desaparición de la capa de ozono (García, 1997). Como consecuencia, el uso de agroquímicos está siendo legalmente cada vez más restringido, y se hace imprescindible el desarrollo de estrategias alternativas agroecológicas para el control de plagas.

Con el fin de aportar información sobre la diversidad de sírfidos afidófagos en fincas orgánicas de hortalizas en Costa Rica, el presente estudio tiene como objetivos: determinar la diversidad de sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga y en los parches de flores de las fincas orgánicas, evaluar el efecto de la abundancia de los sírfidos depredadores, la temperatura, el tipo y la edad de lechuga sobre la abundancia de pulgones, evaluar el efecto de la abundancia de

pulgon, la temperatura, la edad y tipo de lechuga sobre los sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga, y aportar recomendaciones de manejo mediante el control biológico por conservación para favorecer a estos enemigos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se realizó de febrero a julio del 2014, en cuatro fincas orgánicas de hortalizas: Finca Orgánica La Socola, Finca Orgánica La Pavilla, Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (CNEAO) y Finca Agroecológica Amalur, ubicadas en las zonas hortícolas de la cordillera volcánica central de Costa Rica (Cuadro 1). Las primeras tres ubicadas en la provincia de Cartago dentro de la zona de vida bosque húmedo montano bajo, con temperaturas promedio de 12 a 18 °C y precipitaciones que van de 2000 a 4000 mm anuales. La finca Amalur ubicada en la provincia de Heredia, en el bosque muy húmedo premontano con temperaturas de 18 a 20 °C y con precipitaciones de 4000 a 8000 mm anuales.

Cultivo estudiado: El ciclo de la lechuga *Lactuca sativa* L. es corto, concluyendo entre la semana 12 y 14 después del trasplante. Para este estudio se seleccionaron los tipos Verónica y Lolo Rossa, debido a que sus hojas más sueltas permiten la búsqueda de pulgones, huevos, larvas y pupas de sírfidos, sin provocar daños en la calidad final del producto.

Cuadro 1. *Datos de las cuatro fincas orgánicas*Table 1. *Data for the four organic farms*

Sitio de estudio	Área (ha)	Producción*	Siembra	Altitud (msnm)	Ubicación	Coordenadas
1. La Socola	0.4	1000	Continua	1660	Cartago, Oreamuno	9°52'59.90"N 83°51'2.23"W
2. La Pavilla	0.4	700	Continua	1672	Cartago, Oreamuno	9°52'56.40"N 83°50'46.83"W
3. CNEAO	18.5	100	Irregular	1592	Cartago, La Chinchilla	9°52'55.20"N 83°53'41.12"W
4. Amalur	0.46	100	Irregular	1600	Heredia, San Isidro	10°2'30.42"N 84°2'22.58"W

* Cantidad de lechugas producidas semanalmente

Muestreo en el cultivo de lechuga: Se realizó cada 15 días en cada sitio de estudio, se marcaron cuadrantes de dos metros de largo por un metro de ancho sobre toda el área cultivada con lechuga y se seleccionaron cinco cuadrantes aleatorios. En cada cuadrante se realizó una búsqueda exhaustiva de sírfidos inmaduros y pulgones, registrando la abundancia de áfidos y sírfidos afidófagos inmaduros (incluyendo las etapas de huevo, larva y pupa), el tipo de lechuga y su edad (semanas después del trasplante).

Los pulgones fueron recolectados con pinzas entomológicas y se colocaron en frascos con alcohol etílico al 95%, con una etiqueta indicando: localidad, fecha y código asignado a la planta hospedera. Los estadios inmaduros de sírfidos se recolectaron con pinceles y se colocaron en cajas Petri agrupados por el código de la planta hospedera, localidad y fecha. Las cajas Petri se colocaron dentro de bolsas con cierre hermético para evitar pérdidas de especímenes durante el traslado al laboratorio de crianza. La crianza de los estadios inmaduros de sírfidos se realizó en La Aurora de Heredia, bajo las condiciones ambientales del sitio. Las larvas se alimentaron con pulgones del cultivo de lechuga y especímenes de *Brevicoryne brassicae* L. 1758, recolectados sobre *Brassica campestris* L. (Brassicaceae), planta común en los sitios de estudio.

Muestreo en los parches de flores: Se utilizaron dos técnicas de captura para insectos adultos: las trampas de intercepción tipo Malaise y la captura libre con red entomológica. **Trampa Malaise:** Se colocó una trampa Malaise en cada sitio de estudio cerca de los parches de flores al borde de los cultivos y en posición perpendicular a la trayectoria del sol. Las trampas se activaron durante los primeros ocho días de cada mes, mediante la incorporación de un frasco con alcohol al 75% para capturar y preservar los especímenes. **Captura libre:** Los muestreos se realizaron cada 15 días, durante las horas más soleadas de la mañana (9:00 a 11:00 am). Los sírfidos adultos capturados en los parches de flores se pasaron de la red entomológica a una cámara letal con cianuro de potasio, para su posterior preparación e identificación en el laboratorio.

La temperatura ambiental (°C) de cada finca se registró cada 20 minutos durante los seis meses de muestreo, utilizando un medidor electrónico de datos ambientales de la marca HOBO (data logger temp/RH onset), colocado cerca de cada trampa tipo Malaise.

Preservación de los especímenes: Los pulgones se montaron en láminas fijas según la metodología de Voegtlin et al., (2003). Los sírfidos y las avispas parasitoides se montaron en alfileres entomológicos. Los especímenes fueron depositados en la colección del INBio, posteriormente donada al Museo Nacional de Costa Rica, ubicada en Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Además se depositaron muestras representativas en la Colección de Insectos de Importancia en Agricultura Orgánica del CNEAO-INA, ubicado en La Chichilla, Oreamuno, Cartago, Costa Rica.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis descriptivo de la diversidad de sírfidos inmaduros asociados al cultivo de lechuga y los sírfidos adultos asociados a los parches de flores, utilizando los datos de las cuatro fincas estudiadas. Se realizó un análisis estadístico de la presencia o ausencia de sírfidos inmaduros respecto a las variables: abundancia de pulgones, edad y tipo de lechuga, temperatura ambiental y mes de muestreo, y se analizó la abundancia promedio de pulgones con respecto a las variables: presencia o ausencia de sírfidos inmaduros, edad y tipo de lechuga, temperatura ambiental y mes de muestreo, en los cuales se utilizaron únicamente los datos de la Finca Orgánica la Socola y la Finca Orgánica la Pavilla, debido a que, en el CNEAO no se obtuvieron datos en el último mes (por la ausencia de lechugas), y en la Finca Orgánica

Amalur el acumulador de datos no registró los datos ambientales. En los análisis las variables respuesta que no presentaron homogeneidad de varianza y normalidad se transformaron a escala logarítmica para cumplir los supuestos estadísticos.

Se utilizaron tablas de contingencia para describir la diversidad de sírfidos en los parches de flores y en el cultivo de lechuga, y polígonos de frecuencia para analizar la abundancia de sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga respecto al mes y el sitio de muestreo.

Se realizó un Modelo Lineal (ML) para evaluar si la abundancia de pulgones varía con el mes de muestreo. Se realizó una prueba *a posteriori* (prueba de los rangos con signo de Wilcoxon) para conocer diferencias significativas entre los meses. Se realizaron varios Modelos Lineales Mixtos (MLM) con diferentes combinaciones de las variables explicativas (edad (semana), tipo de lechuga, presencia/ausencia de sírfidos inmaduros y temperatura). Se incluyó el mes como un factor aleatorio dentro del modelo, con el fin de evaluar su efecto sobre la abundancia promedio de pulgones. Para seleccionar el modelo que se ajusta mejor a los datos se utilizó el Criterio de Información de Akaike (CIA). Se realizaron comparaciones múltiples de la abundancia de pulgones respecto a la edad (semana) de las lechugas utilizando la prueba de Tukey y los valores de p se ajustaron a los valores de FDR (“False Discovery Rate”) para controlar el factor de inflación en las pruebas múltiples.

En relación a la presencia/ausencia de sírfidos inmaduros, se realizaron Modelos Lineales Generalizados (MLG) con distribución binomial para evaluar el efecto de las variables: mes, edad (semana) y tipo lechuga, temperatura y abundancia promedio de pulgones. La temperatura fue analizada a través de los meses de muestreo con un ML y se realizaron comparaciones múltiples con una prueba de Tukey. Todas la pruebas estadísticas se realizaron con el programa estadístico R versión 3.1.2 (R development Core Team 2014), y se utilizaron los paquetes Lme4 (Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2014) para realizar los modelos mixtos y Multcomp (Hothorn, Bretz, & Westfall, 2008) para las comparaciones múltiples entre factores.

RESULTADOS

Sírfidos inmaduros en el cultivo de lechuga: Se recolectaron y criaron 481 sírfidos a partir de los estadios de larva y pupa, de los cuales se identificó a nivel de especie un 52.18% (adultos). Un 36.59% se identificó a nivel de género, que corresponde a los sírfidos que murieron en el tercer estadio larval o pupa. El 11.23% restante (54 larvas y puparios) no pudo identificarse más allá de familia porque las larvas murieron en estadios muy tempranos o fueron depredadas por hormigas.

Las especies de sírfidos afidófagos registradas en el cultivo de lechuga fueron *Allograpta obliqua* Say, 1823 (52.80%), *Toxomerus watsoni* Curran, 1930 (21.60%), *Allograpta exotica* Widemann, 1830 (14.80%), *Toxomerus mutuus* Say 1829 (6.80%) y *Toxomerus* CR-3Thompson (4.00%) (Cuadro 2). Su abundancia fue diferente en las cuatro fincas estudiadas; en La Pavilla y La Socola la especie más abundante fue *A. obliqua* (86.54.% y 68.69% respectivamente), en la finca Amalur fue *T. mutuus* (50.00%) y en el CNEAO fue *T. watsoni* con un 44.94% (Fig. 1).

Según el análisis descriptivo la abundancia y riqueza temporal de los sírfidos afidófagos asociadas al cultivo de lechuga fue diferente en las cuatro fincas orgánicas estudiadas: en La Socola y La Pavilla los sírfidos estuvieron presentes durante todos los meses de muestreo y predominó *A. obliqua*; en la finca Amalur se recolectaron sírfidos únicamente en febrero y marzo, con predominancia de las especies de *Toxomerus*. En el CNEAO se observó un descenso en el mes de mayo, estuvieron presentes las cinco especies pero ninguna se mantuvo constante durante los meses de muestreo (Fig. 2).

Se registraron seis casos de parasitismo por avispas (Hymenoptera), que representaron tan solo el 1% del total de individuos criados. Las larvas de *Toxomerus* fueron parasitadas por *Sussaba callosa* Dasch, 1964 (Ichneumonidae: Diplazontinae); estas fueron recolectadas en La Socola y Amalur. Las larvas de *Allograpta* fueron parasitadas por avispas de la familia Pteromalidae, y de la subfamilia Cryptinae (Ichneumonidae), provenientes de La Socola.

Sírfidos adultos en parches de flores: En los muestreos con trampas Malaise se obtuvieron 728 especímenes de sírfidos, representando nueve géneros y 18 especies. Las especies más abundantes fueron *T. CR-3Thompson* (45.77%), *A. obliqua* (15.41%) y *T. mutuus* (14.95%). En la captura libre se recolectaron 224 individuos de sírfidos depredadores, incluyendo cuatro géneros y 10 especies, con las mismas especies predominantes: *T. CR-3Thompson* (35.27%), *A. obliqua* (32.59%) y *T. mutuus* (15.18%) (Cuadro 2).

Se observó que en los parches de flores de cada finca estuvieron presentes las mismas especies que se encontraron asociados al cultivo de lechuga (Fig. 3). Con excepción de *A. exotica* que estuvo presente únicamente en los parches de flores del CNEAO y *T. CR-3Thompson* fue abundante en los parches de flores, pero poco abundante en el cultivo de lechuga. Además, la población de sírfidos en los parches de flores se mantuvo presente durante todos los meses de muestreo en todas las fincas estudiadas, exceptuando la finca Amalur donde no se observaron en el mes de julio (Fig. 4).

Las plantas visitadas por los sírfidos depredadores en los parches de flores incluyeron las arvenses: *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), *Brassica campestris* L. (Brassicaceae), *Rumex* sp. L. (Polygonaceae) y *Verbena litoralis* Kunth (Verbenaceae), y las cultivadas: *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (Brassicaceae), *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae) y *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae).

Cuadro 2. Composición de especies de sírfidos afidófagos asociadas a los parches de flores y al cultivo de lechuga en fincas orgánicas, de febrero a julio del 2014.

Table 2. Species composition of aphidophagous hoverflies associated with patches of flowers and lettuce crops in organic farms, from February to July 2014.

Especies	Adultos en flores				Inmaduros en cultivo	
	Trampa Malaise		Captura libre		Captura manual	
	n	%	n	%	n	%
<i>Allograpta exotica</i> Widemann, 1830	7	1.06	5	2.23	37	14.80
<i>Allograpta neotropica</i> Curran, 1936	6	0.91	5	2.23	0	0.00
<i>Allograpta obliqua</i> Say, 1823	102	15.41	73	32.59	132	52.80
<i>Xanthandrus bucephalus</i> Wiedemann, 1830	1	0.15	0	0.00	0	0.00
<i>Dideomima coquilletti</i> Williston, 1891	1	0.15	1	0.45	0	0.00
<i>Leucopodella</i> spp.	9	1.36	0	0.00	0	0.00
<i>Ocyptamus</i> sp.1	1	0.15	0	0.00	0	0.00
<i>Paragus haemorrhous</i> Meigen, 1822	14	2.11	5	2.23	0	0.00
<i>Platycheirus</i> sp.1	1	0.15	0	0.00	0	0.00
<i>Pseudodorus clavatus</i> Fabricius, 1974	6	0.91	0	0.00	0	0.00
<i>Toxomerus</i> CR-3Thompson	303	45.77	79	35.27	10	4.00
<i>Toxomerus mutuus</i> Say, 1829	99	14.95	34	15.18	17	6.80
<i>Toxomerus pallipes</i> Bigot, 1884	42	6.34	5	2.23	0	0.00
<i>Toxomerus pulchellus</i> Macquart, 1846	27	4.08	0	0.00	0	0.00
<i>Toxomerus watsoni</i> Curran, 1930	34	5.14	16	7.14	54	21.60
<i>Toxomerus</i> sp. 2	4	0.60	0	0.00	0	0.00
<i>Toxomerus</i> sp. 3	4	0.60	0	0.00	0	0.00
<i>Toxomerus</i> sp. 4	1	0.15	1	0.45	0	0.00
Total	662		224		250	

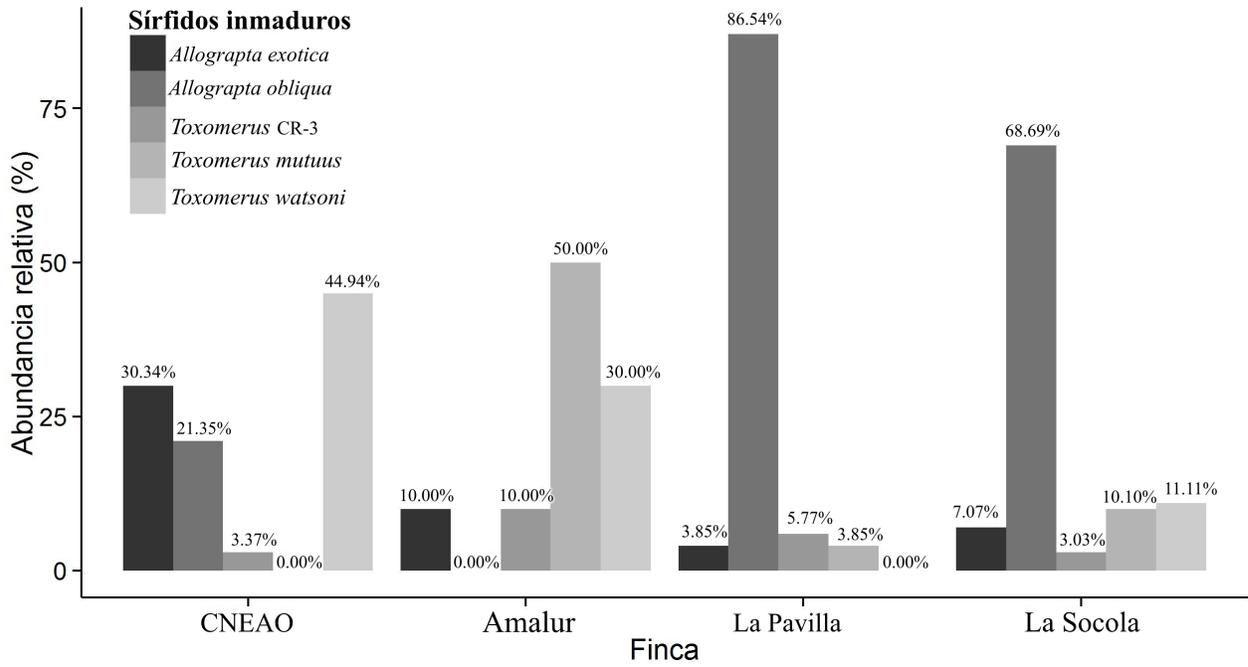


Fig. 1. Abundancia relativa de los sírfidos afidófagos asociados al cultivo de lechuga en los sitios de muestreo

Fig 1. Relative abundance of aphidophagous hoverflies associated with lettuce crops at the sampling sites

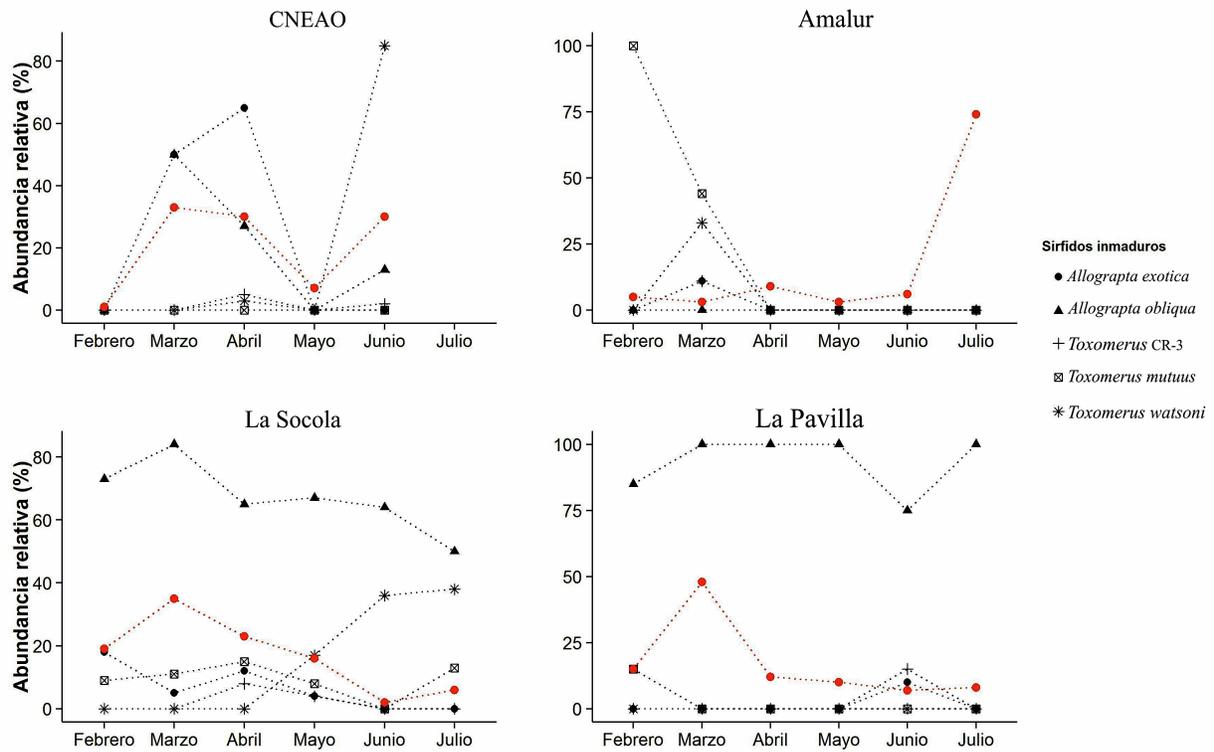


Fig. 2. Distribución temporal de los sírfidos inmaduros en el cultivo de lechuga en cada finca orgánica. La línea de color rojo corresponde a la abundancia de pulgones.

Fig. 2. Temporal distribution of immature hoverflies in lettuce crops at each organic farm. The red dotted line corresponds with the abundance of aphids.

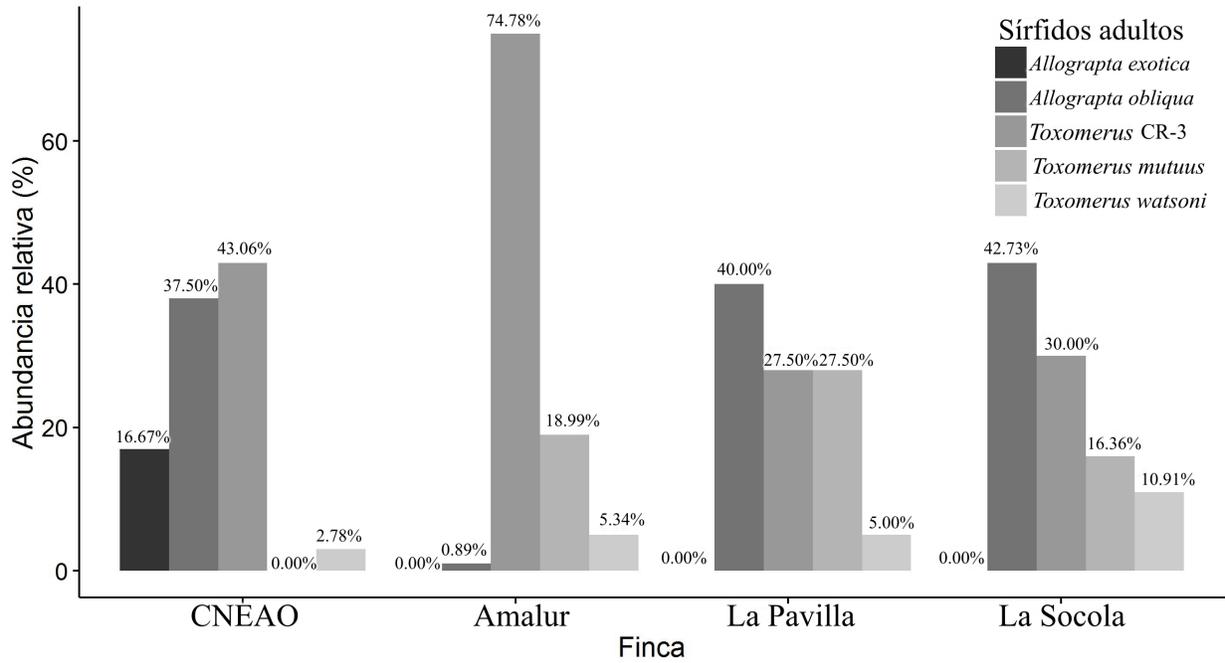


Fig. 3. Abundancia relativa de los sírfidos afidófagos asociados a parches de flores en los sitios de muestreo.

Fig. 3. Relative abundance of aphidophagous hoverflies associated with flower patches at the sampling sites.

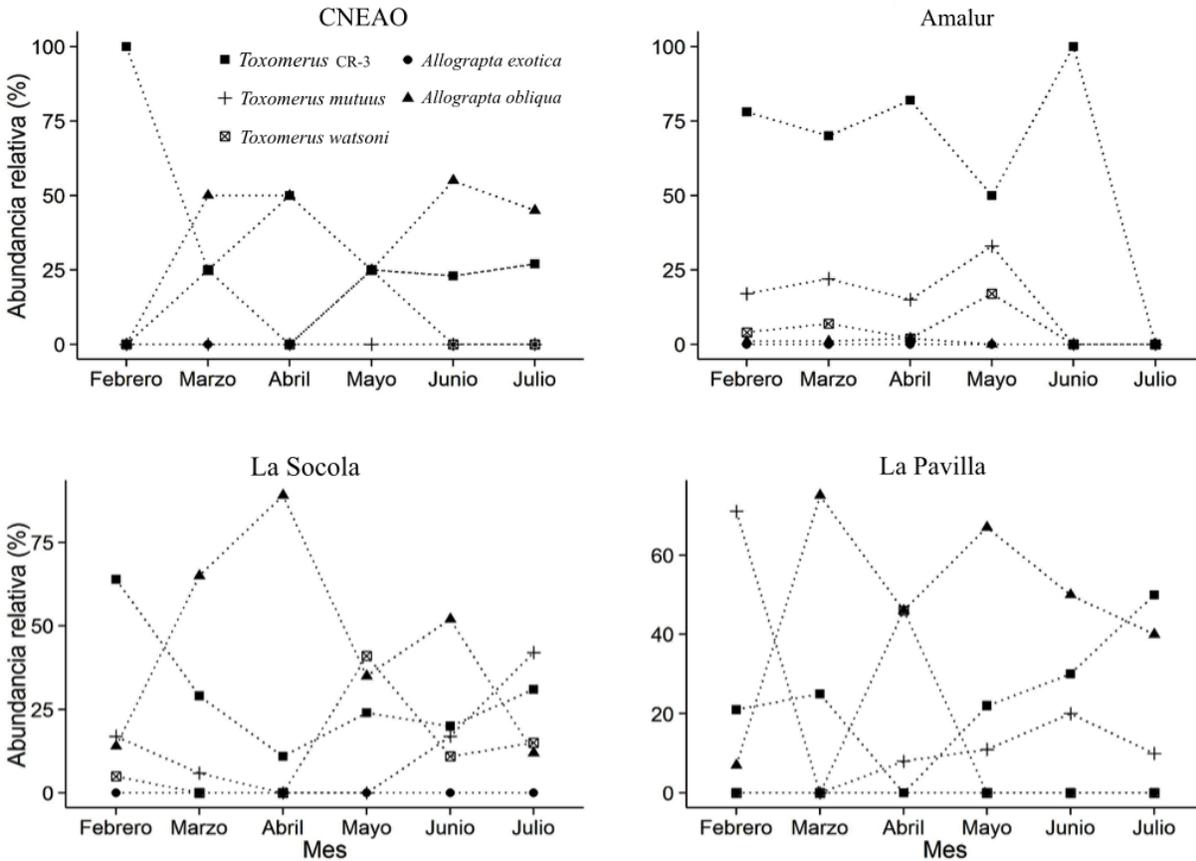


Fig. 4. Distribución temporal de los sírfidos adultos asociados a parches de flores en cada finca orgánica.

Fig. 4. Temporal distribution of adult hoverflies associated with flower patches at each organic farm.

Se identificaron cinco especies de pulgones asociados al cultivo de lechuga: *Aphis gossypii* Glover, 1877, *Aulacorthum solani* Kaltentbach, 1843, *Nasonovia ribisnigri* Mosley, 1841, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, 1878 y *Uroleucon ambrosiae* Thomas, 1878.

La abundancia promedio de pulgones presentó diferencias significativas en los seis meses de muestreo ($F=7.84$, $gl=5$, $p < 0.005$), con un incremento en el mes de marzo (Fig. 5). Las variables edad de la lechuga y la probabilidad de presencia/ausencia de sírfidos inmaduros presentaron un efecto muy significativo sobre la abundancia promedio de pulgones (semana: $X^2=27.02$, $p < 0.0001$; presencia/ausencia de inmaduros: $X^2=27.98$, $p < 0.0001$). La menor abundancia promedio de pulgones se observó en la segunda semana después del trasplante de la lechuga (Fig. 6). El tipo de lechuga presentó poca significancia estadística ($X^2=5.09$, $p=0.03$) (Fig. 7), y la

temperatura no presentó un efecto significativo sobre la abundancia promedio de pulgones ($X^2=2.18, p=0.14$).

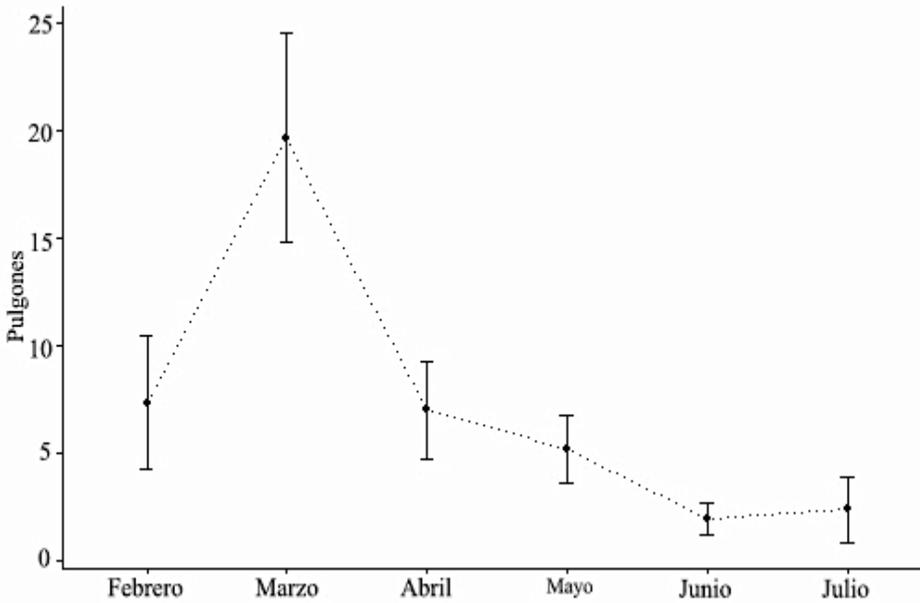


Fig. 5. Abundancia promedio de los pulgones en los meses de muestreo.

Fig. 5. Average aphid abundance during the sampling months.

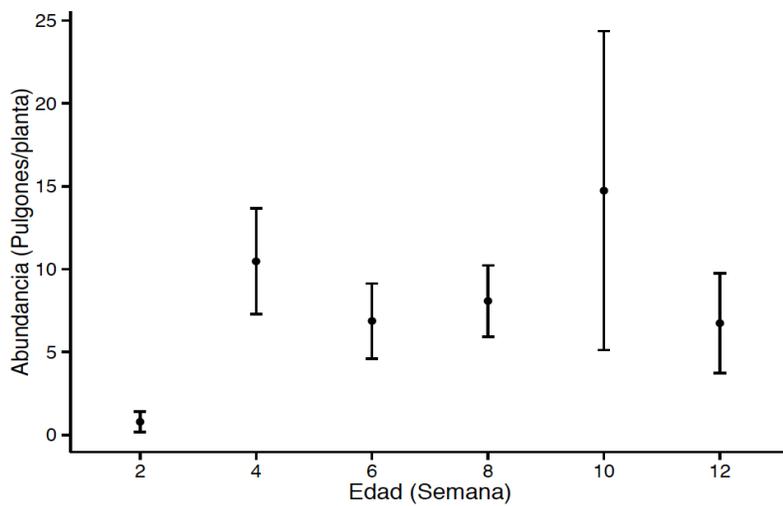


Fig. 6. Promedio de la abundancia de pulgones respecto a la edad de la lechuga (n=93).

Fig. 6 Average aphid abundance with respect to lettuce plant age (n = 93).

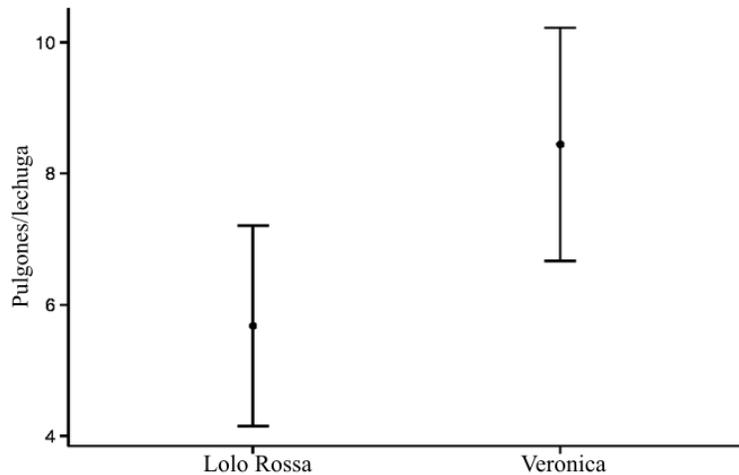


Fig. 7. Abundancia promedio de pulgones según el tipo de lechuga.

Fig. 7. Lettuce type effect over average aphid abundance.

La probabilidad de presencia de sírfidos inmaduros en el cultivo de lechuga no se vio afectada por los meses de muestreo ($X^2=1.74$, $gl=5$, $p=0.88$). La temperatura, edad y tipo de lechuga no presentaron ningún efecto significativo sobre la probabilidad de presencia de sírfidos inmaduros en el cultivo de lechuga (temperatura: $X^2=0.26$, $p=0.60$; edad: $X^2= 11.62$, $p=0.04$; tipo de lechuga: $X^2 1.07$, $p=0.29$). Únicamente la variable abundancia promedio de pulgones mostró un efecto significativo en la probabilidad de presencia de sírfidos inmaduros ($X^2= 11.52$, $p <0.0001$) (Fig. 8). Por cada unidad que aumenta el promedio de la abundancia de pulgones la probabilidad de presencia de sírfidos se incrementa en un 52% (IC 95%= 51-54%).

La temperatura no presentó gran variabilidad a través de los meses de muestreo, únicamente en el mes de junio se observa una diferencia significativa ($F=7.94$, $df=5$, $p=0.001$) (Fig. 9).

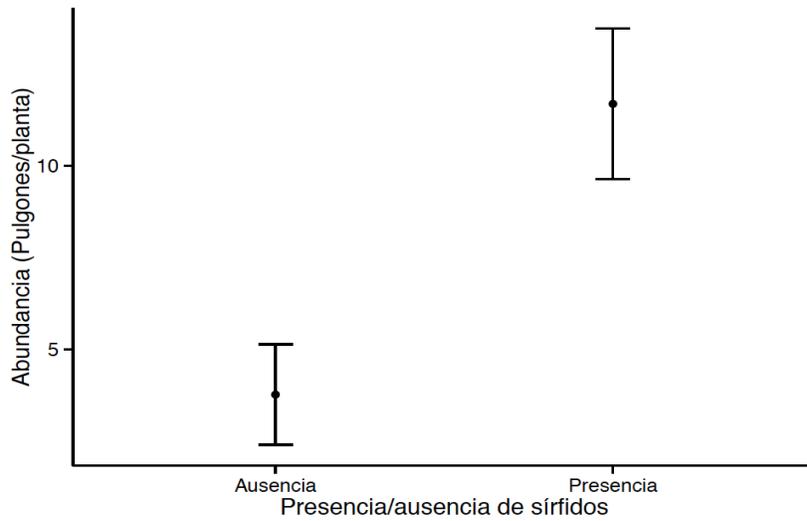


Fig. 8. Presencia/ausencia de sírfidos inmaduros en relación con el promedio de pulgones en el cultivo de lechuga. Las líneas indican intervalos de confianza al 95%.

Fig. 8. Presence / absence of immature syrphids regarding average aphids on lettuce crops. The lines indicate confidence intervals at 95%.

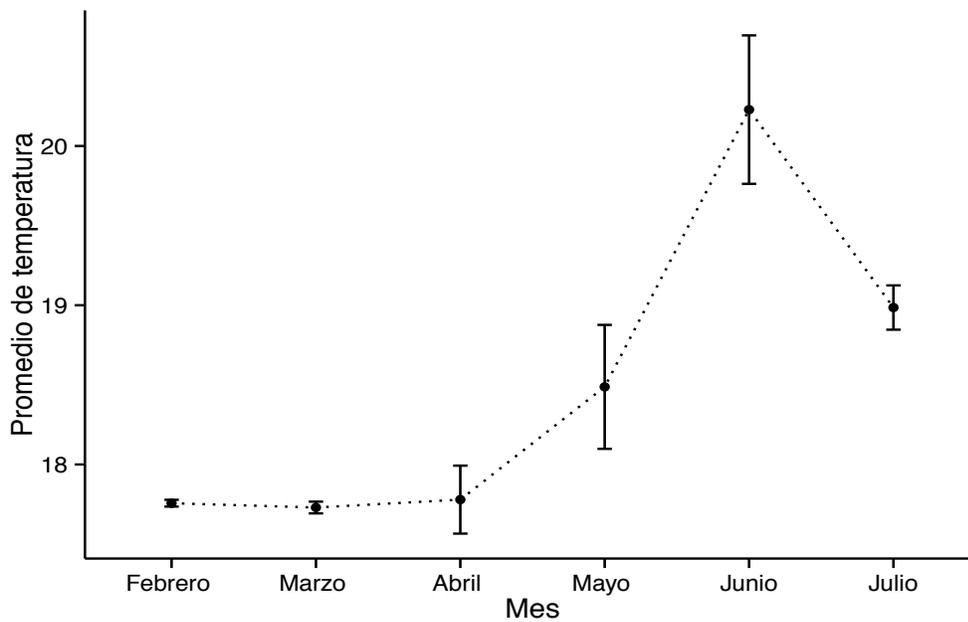


Fig. 9. Promedio de la temperatura a través de los meses de muestreo.

Fig. 9. Average temperature through the sampling months.

DISCUSIÓN

Este estudio representa el primer registro de la diversidad de sírfidos afidófagos en fincas orgánicas de Costa Rica, y confirma la ocurrencia de poblaciones naturales en estos agroecosistemas, tanto en el cultivo de lechuga como en el recurso florístico dentro de las fincas orgánicas.

De las 18 especies de sírfidos depredadores identificadas en los parches de flores, solo cinco se observaron depredando pulgones en el cultivo de lechuga. No obstante pertenecen a la subfamilia Syrphinae cuyas larvas son depredadoras de importantes plagas como pulgones, escamas y mosca blanca (Rotheray & Gilbert, 2011; Thompson et al., 2012). Algunas especies se han registrado depredando pulgones en cultivos, como *Pseudodorus clavatus* en cítricos (Belliere & Michaud, 2001) y *Paragus haemorrhous* en remolacha (*Beta vulgaris* L.) (Rojo et al., 2003). Además, los sírfidos son reconocidos como importantes polinizadores debido a su hábito antófago (Kevan & Baker, 1983; Ssymank, Kearns, Pape, & Thompson, 2008). Por consiguiente las 13 especies restantes pueden estar contribuyendo al equilibrio del ecosistema agrícola como depredadores de insectos plaga en otros cultivos no cubiertos por este estudio y como agentes polinizadores.

Las cinco especies de sírfidos depredadores de pulgones observadas en el cultivo de lechuga fueron: *A. obliqua*, *A. exotica*, *T. muutus*, *T. watsoni* y *T. CR-3Thompson* de las cuales *A. obliqua* y *A. exotica* han sido informadas en el cultivo de lechuga anteriormente (Smith & Chaney, 2007; Hopper, Nelson, Daane, & Nicholas, 2011). Además se han observado en otros cultivos a *A. obliqua* en cítricos (*Citrus* sp.), papa (*Solanum tuberosum* L.) y brasicáceas, y a *A. exotica* en chile (*Capsicum annuum* L.), brasicáceas, cereales, cítricos y maíz (Rojo et al., 2003). Mientras que para *T. muutus*, *T. watsoni* y *T. CR-3Thompson* este es el primer registro en plantas cultivadas.

La diversidad de sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga fue diferente en cada sitio de estudio (Fig. 1), observándose varias especies que ejercen un control natural sobre la población de pulgones. Considerando la predominancia de *A. obliqua* en las fincas de mayor y continua

producción de lechuga, La Socola y La Pavilla, podría ser ésta la especie con mayor potencial para el control biológico, puesto que según Brown (1984) la mayor abundancia de una especie sugiere una mayor adaptación a las condiciones del ambiente.

Según el análisis estadístico basado en los datos de las Fincas La Pavilla y La Socola, que presentaron mayor y continua producción de lechuga, la probabilidad de presencia de sírfidos afidófagos en el cultivo no presentó diferencias durante los meses de muestreo. Sin embargo en las Fincas Amalur y el CNEAO que presentaron menor e irregular producción de lechuga (Cuadro 1), se observaron declives de sírfidos en ciertos meses (Fig. 2), por tanto se puede inferir que en las fincas de menor y discontinua producción de lechuga no se podría asegurar la estabilidad de los sírfidos depredadores, debido a que la producción discontinua del cultivo afecta negativamente el establecimiento de los enemigos naturales (Ehler & Miller, 1978; Wiedenmann & Smith, 1997; Nicholls, 2008). Sin embargo, es importante indicar que los sírfidos depredadores están presentes en el agroecosistema, por lo tanto tienen el potencial de establecerse en el cultivo, siempre y cuando se mantengan las condiciones adecuadas.

Se corroboró la capacidad de los sírfidos afidófagos de responder positivamente a la abundancia de pulgones, característica que señala a los sírfidos como potenciales agentes de control (Ambrosino, Jepson, & Luna, 2007; Almohamad et al., 2009; Rothery & Gilbert, 2011). Además, esta interacción posiblemente influyó en que la probabilidad de presencia de sírfidos no fuera afectada por el tipo de lechuga, ya que los pulgones tampoco respondieron a esta variable. Respecto a la edad de la lechuga los pulgones si respondieron, observándose las densidades más bajas en la segunda semana después del transplante de la lechuga, sin embargo la probabilidad de presencia de sírfidos no se afectó, posiblemente porque tienen la capacidad de encontrar y depositar sus huevos en las colonias insipientes de pulgones (Almohamad et al., 2009; Rothery & Gilbert, 2011).

La temperatura no influyó en la probabilidad de presencia de sírfidos en el cultivo de lechuga, sin embargo se podría esperar una influencia de la temperatura sobre la abundancia relativa de las especies de sírfidos tal como se ha informado anteriormente por Tenhumberg & Poehling (1992) y Pineda (2011). En este estudio no se pudo realizar el análisis a nivel de especie debido a

que casi la mitad de la crianza no se pudo identificar a ese nivel taxonómico, por la mortalidad de las larvas y pupas.

Las cinco especies de pulgones encontradas en las fincas orgánicas son fitófagas comunes en el cultivo de lechuga (Backman & Eastop, 2006). La menor abundancia de pulgones en el cultivo se presentó en la segunda semana después del trasplante, lo cual indica que el establecimiento de las colonias de pulgones se produce entre la segunda y cuarta semana, mientras que en las semanas siguientes, de la cuatro a la 12, no se percibieron diferencias en la abundancia de pulgones, posiblemente debido a que las plantas de lechuga tienen brotes tiernos durante todo su ciclo, que son los tejidos preferidos por los pulgones (Blackman & Eastop, 2000). Es importante señalar que el control biológico preventivo debe realizarse cuando la densidad poblacional de la plaga es baja con el fin de aumentar su eficiencia (Gurr et al., 2004). Por consiguiente se señala a la segunda semana después del trasplante como un momento propicio para la aplicación de estrategias de control preventivo.

El tipo de lechuga no afectó el desarrollo de los pulgones debido a que las especies encontradas no son específicas de *L. sativa*, son polífagas y se encuentran en una amplia diversidad de plantas hospederas (Voegtlin et al., 2003; Backman & Eastop, 2006). La temperatura tampoco afectó la abundancia promedio de pulgones, pero posiblemente unas especies se vieron más afectadas que otras, se conoce que los requerimientos de temperatura pueden variar entre las especies de pulgones (Campbell, Frazer, Gilbert, Gutierrez, & Mackauer, 1974). Sin embargo no se pudieron observar diferencias debido a que se midió únicamente la abundancia promedio de pulgones y no la abundancia de cada especie.

Se confirman algunas características idóneas que poseen los sírfidos depredadores que los colocan como potenciales agentes para el control biológico de pulgones:

Respuesta a la población de la plaga: Se demostró que los sírfidos responden positivamente ante el aumento de la abundancia de pulgones, observándose que por cada unidad que aumenta el promedio de la abundancia de pulgones la probabilidad de presencia de sírfidos se incrementa en un 52%. Varios estudios han demostrado la relación positiva entre el tamaño de las colonias de

pulgonos y la oviposición de las hembras de sírfidos afidófagos (Chandler, 1968; Kan & Sasakawa 1986; Tenhumberg & Poehling, 1992; Tenhumberg & Poehling 1995; Sutherland, Sullivan, & Poppy, 2001). Precisamente, esta capacidad de respuesta de los sírfidos depredadores ante las variaciones en la abundancia de pulgonos es una de las características que los convierte en importantes agentes para el control biológico (Tamaki, Landis, & Weeks, 1967; Almohamad et al., 2009).

Uso del recurso florístico dentro de las fincas: La mayoría de especies depredadoras de pulgonos en el cultivo de lechuga visitaron los parches de flores alrededor de los cultivos, con excepción de *A. exotica* y *T. mutuus*. Este es un aspecto relevante, ya que el suministro de recursos florísticos ha demostrado ser exitoso para la atracción de los sírfidos afidófagos y por lo tanto para el control de las poblaciones de pulgonos (Marshall & West, 2007; Pineda & Marcos-García, 2008c, Haenke, et al., 2009; Skirvin, Kravar-Garde, Reynolds, Wright, & Mead, 2011; Martínez-Uña, Martín, Fernández-Quintanilla, & Dorado, 2013).

Baja tasa de parasitismo: Las larvas de sírfidos suelen ser atacadas por avispas parasitoides principalmente por los diplozontinos (Ichneumonidae: Diplazontinae) (Rotheray & Gilbert, 2011), sin embargo de los 481 sírfidos inmaduros, larvas o pupas recogidas en campo, tan solo el 1% fue parasitado, mucho menos que lo encontrado por Smith & Chaney (2007), con un 5% de larvas parasitadas por *Diplazon* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Pachyneuron* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae). Esta baja incidencia de parasitoides es una característica deseable para el éxito del control biológico.

Recomendaciones para el fomento de sírfidos afidófagos según el CBC

Según las bases agroecológicas, el CBC y los resultados obtenidos en este estudio, se describen a continuación cuatro recomendaciones dirigidas a favorecer a los sírfidos afidófagos en los sistemas agrícolas.

Suministrar recursos florísticos: La diversificación de plantas aumenta las poblaciones de insectos depredadores, parasitoides y polinizadores en el agroecosistema, por consiguiente

favorece el control natural de poblaciones plagas (Altieri, 1999; Hole et al., 2005; Power & Stout, 2011). En el caso de los sírfidos, la presencia del recurso florístico favorece su población y disminuye la densidad de pulgones plaga en cultivos abiertos (White, Wratten, Berry, & Weigmann, 1995; Pascual-Villalobos, Lacasa, González, Varó, & García, 2006; Skirvin et al., 2011; Brennan, 2013) y en ambientes protegidos (Pineda & Marcos-García, 2008c).

Se han evaluado diversas especies de plantas para atraer sírfidos depredadores, entre ellas el culantro de castilla (*C. sativum*) (Pascual-Villalobos et al., 2006, Laubertie, Wratten, & Hemptinne, 2012; Martínez-Uña et al., 2013), que ha sido una de las plantas visitadas por los sírfidos en este estudio. Además se observaron otras especies cultivadas como el trigo sarraceno (*F. esculentum*), arúgula (=rúcula) (*E. vesicaria*) y albahaca (*O. basilicum*), que pueden proveer recurso florístico a los enemigos naturales mientras se desarrolla la producción de semilla. Además se pueden aprovechar arvenses como el moriseco (*B. pilosa*), el nabillo (*B. campestris*), *Rumex* sp. y *V. litoralis*, que fueron visitadas por los sírfidos en este estudio.

Proporcionar presas alternativas: Proveer fuentes de alimento es un aspecto clave para el establecimiento de los enemigos naturales (Pineda, 2011); estas deben ser abundantes y distribuidas en el espacio y tiempo (Nicholls, 2008). Este recurso puede proveerse mediante los hábitats silvestres circundantes y los bordes de los cultivos que proporcionan de manera natural tanto presas alternativas como enemigos naturales (Altieri, 1999) y con la siembra de plantas reservorio de presas alternativas (Tizado, Núñez, & Nieto, 1992; Cortesero, Stapel, & Lewis, 2000; Frank, 2010; Huang, 2011).

Además las plantas reservorio han demostrado tener beneficios como: un sistema de control natural de bajo costo, incremento de enemigos naturales y desarrollo del control preventivo de plagas, ya que los enemigos naturales se mantienen en el agroecosistema aún en ausencia de los cultivos (Huang, 2011). En este estudio se observaron larvas de sírfidos en *B. campestris* depredando a *B. brassicae* y además se encontraron sírfidos adultos visitando sus flores. Por lo que *B. campestris* es una planta importante a considerar como fuente de polen, néctar y presas alternativas. No obstante, se debe tener presente que *B. brassicae* se hospeda en otras brasicáceas, como repollo, brócoli, coliflor y kale (*Brassica oleraceae* L.).

Las estrategias basadas en el manejo de la vegetación para fomentar la presencia de enemigos naturales, se basa en la selección de plantas que proveen recursos florísticos, presas alternativas y refugio (Altieri, Ponti, & Nicholls, 2005); además contemplan, el diseño y construcción de corredores (Nicholls, Parrella, & Altieri, 2001) y el diseño de islas con hileras (Gurr, et al., 2004), que permitan a los enemigos naturales trasladarse de la vegetación natural en los bordes de las fincas hacia el centro de las zonas de cultivo.

Mantener poblaciones residuales de fitófagos: El control biológico actúa dependiendo de la densidad de la plaga, cuando la densidad de la plaga aumenta también aumenta la densidad de los enemigos naturales, este aumento provoca el descenso de la plaga y posteriormente del enemigo natural (Altieri, Rosset, & Nicholls, 1997). Sin embargo para que este sistema de auto regulación se perpetúe, es necesario que la población de la plaga no se elimine por completo, ya que provocaría que los enemigos naturales al no tener presas cercanas, se alejen de las zonas productivas. Por lo tanto las densidades del insecto fitófago deben mantenerse por debajo el umbral económico (sin que provoquen un daño significativo al cultivo), para asegurar la supervivencia de los enemigos naturales (Altieri & Nicholls, 2000).

Diversificar los cultivos: Se ha demostrado que la abundancia de pulgones disminuye en cultivos intercalados, provocando además un aumento en la población de los depredadores (Parajulee, Montandon, & Slosser, 1997; Wang et al., 2009). La diversificación de cultivos es una práctica agroecológica efectiva para disminuir la incidencia de plagas (Altieri, 1999), ya que incide en el aumento de las poblaciones de parasitoides y depredadores, en la interrupción de la comunicación química entre las plagas, disminuye la colonización y reproducción de las plagas, además incrementa las presas alternativas para los enemigos naturales y optimiza la sincronización entre las especies plagas y sus enemigos, entre otros (Matteson, Altieri, & Gagne, 1984).

RESUMEN

Los sírfidos afidófagos han sido ampliamente reconocidos por su potencial en el control biológico por conservación de pulgones, el cual se basa en la manipulación del ambiente para favorecer a los enemigos naturales. El objetivo fue evaluar la diversidad de sírfidos depredadores de pulgones en fincas orgánicas de hortalizas con el fin de generar recomendaciones de manejo para favorecer su presencia y utilización en el control biológico por conservación. El estudio se realizó en cuatro fincas de cultivos orgánicos, de febrero a julio del 2014. Se realizaron recolectas directas de sírfidos inmaduros y pulgones en el cultivo de lechuga, cada 15 días. Los sírfidos adultos se capturaron con red golpe y trampas Malaise, en los parches de flores cerca de los cultivos. Los sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga fueron: *Allograpta obliqua* (52.8%), *Toxomerus watsoni* (21.6%), *A. exotica* (14.8%), *T. mutuus* (6.8%) y *T. CR-3*Thompson (4%). Solo el 1% de la crianza estuvo parasitado por avispa (n= 481). En los parches de flores se encontraron 18 especies de sírfidos afidófagos, con las mismas cinco especies predominantes. Se observaron características idóneas en los sírfidos como agentes de control biológico, tales como: respuesta a la densidad de la plaga, uso de los recursos florísticos presentes en las fincas y baja tasa de parasitismo. Las recomendaciones para favorecer a los sírfidos afidófagos en los sistemas agrícolas incluyen la diversificación de cultivos, proporcionar presas alternativas, suministrar recursos florísticos y mantener bajas poblaciones de los insectos fitófagos.

Palabras clave: sírfidos afidófagos, control biológico, pulgones plaga, lechuga orgánica, agroecología.

REFERENCIAS

- Almohamad, R., Verheggen, F. J., & Haubruge, É. (2009). Searching and oviposition behavior of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae): a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, *13*(3), 467–481.
- Ambrosino, M. D. (2006). Enhancing the predatory potential of hoverflies on aphids in Oregon broccoli fields with floral resources. Oregon State University. USA.
- Ambrosino, M. D., Jepson, P. C., & Luna, J. M. (2007). Hoverfly oviposition response to aphids in broccoli fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *122*(2), 99–107. doi: 10.1111/j.1570-7458.2006.00499.x
- Altieri, M. a. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, *74*, 19–31. Recuperado de d:\biblio\a\15480.pdf
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). Bases agroecológicas para la agricultura sostenible (M. Altieri & C. I. Nicholls. (Eds.), *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*, (pp. 13-45). México: Programa de las Naciones Unidad para el Medio Ambiente.
- Altieri, M. A., Rosset, P. M., & Nicholls, C. I. (1997). Biological control and agricultural modernization: Towards resolution of some contradictions. *Agriculture and Human Values*, *14*, 303–310. doi: 10.1023/a:1007499401616
- Altieri, M. A., Ponti, L., & Nicholls, C. I. (2005). Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *International Journal of Biodiversity Science and Management*, *1*, 1–13.
- Backman, R. L., & Eastop, V. F. (2006). Aphids on the worlds herbaceous plants and shrubs. Chichester: John Wiley & Sons.

- Bates D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7, Consultado 14 de julio del 2014 desde <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the World's Crops*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Belliure, B., & Michaud, J. P. (2001). Biology and Behavior of *Pseudodorus clavatus* (Diptera: Syrphidae), an Important Predator of Citrus Aphids. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(1), 91–96. doi: 10.1603/0013-8746(2001)094
- Brennan, E. B. (2013). Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids. *Biological Control*, 65(3), 302–311.
- Brennan, E. B. (2016). Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids. *Biological Control*, 97, 109–119.
- Brewer, M. J., & Elliott, N. C. (2004). Biological control of cereal aphids in north america and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annual Review of Entomology*, 49, 219–242. doi 10.1146/annurev.ento.49.061802.123149
- Brown, J. H. (1984). On the Relationship between Abundance and Distribution of Species. *American Naturalist*, 124(2), 255–279.
- Calvo, C. E., & Fuentes, G. (1980). Fluctuación de la población del áfido *Myzus persicae* (Sulzer), en un bosque húmedo premontano, Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 4(1), 15–19.
- Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, a P., & Mackauer, M. (1974). Temperature requirements of some aphids and their parasites. *Journal of Applied Ecology*, 11(2), 431–438. doi: 10.2307/2402197

- Chambers, R. J., & Adams, T. H. L. (1986). Quantification of the impact of hoverflies (Diptera, Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *The Journal of Applied Ecology*, 23(3), 895–904. Recuperado de [http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901\(198612\)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S](http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901(198612)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S)
- Chandler, A. E. F. (1968). The relationship between aphid infestations and oviposition by aphidophagous Syrphidae (Diptera). *Annals of Applied Biology*, 61(3), 425–434.
- Coto, D. (2004). Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en américa central. Cartago: CATIE.
- Cortesero, A. M., Stapel, J. O., & Lewis, W. J. (2000). Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. *Biological Control*, 17(1), 35–49.
- Ehler, L. E., & Miller, J. C. (1978). Biological control in temporary agroecosystems. *Entomophaga*, 23(3), 207–212.
- Frank, S. D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 52(1), 8–16. doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.09.011
- Freier, B., Triltsch, H., Mowes, M., & Moll, E. (2007). The potential of predators in natural control of aphids in wheat: Results of a ten-year field study in two German landscapes. *BioControl*. 52, 775-788.
- García, J. E. (1997). Consecuencias indeseables de los plaguicidas en el ambiente. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 119–135.
- Gurr, G. M., Wratten, S. D. & Altieri, M. A. (2004). Ecological engineering for pest management. En Gurr, G. M., Wratten, S. D. & Altieri, M. A, (Eds.), *Ecological*

Engineering for Pest Management: Advances in habitat manipulation for arthropods (pp. 1-13). Australia: CSIRO PUBLISHING.

- Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschardtke, T., & Thies, C. (2009). Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *46*(5), 1106–1114. doi 10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x
- Hole, D. G., Perkins, a. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V., & Evans, a. D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, *122*(1), 113–130. doi 10.1016/j.biocon.2004.07.018
- Hopper, J. V., Nelson, E. H., Daane, K. M., & Mills, N. J. (2011). Growth, development and consumption by four syrphid species associated with the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri*, in California. *Biological Control*, *58*(3), 271–276.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, *50*(3), 346–363. Recuperado de <http://cran.r-project.org>
- Huang, N., Enkegaard, A., Osborne, L. S., Ramakers, P. M. J., Messelink, G. J., Pijnakker, J., & Murphy, G. (2011). The Banker Plant Method in Biological Control. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *30*(3), 259–278. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689.2011.572055>
- Kan, E., & Sasakawa, M. (1986). Assessment of the maple aphid colony by the hover fly, *Episyrphus balteatus* (de Geer) (Diptera: Syrphidae). *Journal of Ethology*, *4*(2), 121–127.
- Kevan, P. G., & Baker, H. G. (1983). Insects as Flower Visitors and Pollinators. *Annual Review of Entomology*, *28*(1), 407–453. doi: 10.1146/annurev.en.28.010183.002203

- 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*, 175–201. doi: 10.1146/annurev.ento.45.1.175
- Laubertie, E. a., Wratten, S. D., & Hemptinne, J. L. (2012). The contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera: Syrphidae) fitness. *Biological Control*, *61*, 1–6. doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.12.010
- Marshall, E. J. D., & West, T. M. (2007). Impacts of field margins, landscape and crop on the distributions of Syrphidae on an arable farm. *Aspects of Applied Biology*, *81*, 91–99.
- Martínez-Uña, A., Martín, J., Fernández-Quintanilla, C., & Dorado, J. (2013). Provisioning Floral Resources to Attract Aphidophagous Hoverflies (Diptera: Syrphidae) Useful for Pest Management in Central Spain. *Journal of Economic Entomology*, *106*(6), 2327–2335.
- Matteson, P., Altieri, M. A., & Gagne, W. C. (1984). Modification of small farmer practices for better pest management. *Ann. Rev. Entomol.*, *29*, 383–402.
- Nicholls, C. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Nicholls, C. I., Parrella, M., & Altieri, M. A. (2001). The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology*, *16*(2), 133–146. doi: 10.1023/A:1011128222867
- Parajulee, M. N., Montandon, R., & Slosser, J. E. (1997). Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. *International Journal of Pest Management*, *43*(3), 227–232.

- Pascual-Villalobos, M. J., Lacasa, A., González, A., Varó, P., & García, M. J. (2006). Effect of flowering plant strips on aphid and syrphid populations in lettuce. *European Journal of Agronomy*, 24(2), 182–185.
- Pineda, A. (2011). Estrategias de control biológico por conservación para potenciar la abundancia de sírfidos afidófagos (Diptera: Syrphidae) en invernaderos de pimiento. *Boln. Asoc. esp. Ent.* 35(1-2), 7–34.
- Pineda, A., & Marcos-García, M. A. (2008a). Evaluation of several strategies to increase the residence time of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) releases in sweet pepper greenhouses. *Annals of Applied Biology*. 152, 271-276.
- Pineda, A., & Marcos-García, M. A. (2008b). Introducing barley as aphid reservoir in sweet-pepper greenhouses: Effects on native and released hoverflies (Diptera: Syrphidae). *European Journal of Entomology*. 105, 531-535.
- Pineda, A., & Marcos-García, M. A. (2008c). Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *Annales De La Societe Entomologique De France*. 44, 487-492.
- Power, E. F., & Stout, J. C. (2011). Organic dairy farming: Impacts on insect-flower interaction networks and pollination. *Journal of Applied Ecology*, 48, 561–569. doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01949.x
- Ramakers, P. M. J. (2004). IPM Program for Sweet Pepper. En Heinz, K. M., Driesche, V., & Parrella, M.P., (Eds.), *Biocontrol in Protected Culture* (pp: 439-455). USA: Ball Publishing Batavia.
- Rojo, S., Gilbert, F., Marcos-García, M. A., Nieto., J. M., & Durante, M. P. (2003). A world review of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae: Syrphinae) and their prey. Alicante. España: Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO).

- Rotheray, G. E., & Gilbert, F. (2011). The natural history of hoverflies. Inglaterra Forrest text. London.
- Skirvin, D. J., Kravar-Garde, L., Reynolds, K., Wright, C., & Mead, A. (2011). The effect of within-crop habitat manipulations on the conservation biological control of aphids in field-grown lettuce. *Bulletin of Entomological Research*, 101(06), 623–631. doi: 10.1017/S0007485310000659
- Smith, H. A., & Chaney, W. E. (2007). A survey of syrphid predators of *Nasonovia ribisnigri* in organic lettuce on the central coast of California. *Journal of Economic Entomology*, 100(1), 39–48. doi: 10.1603/0022-0493(2007)100[39:ASOSPO]2.0.CO;2
- Ssymank, A., Kearns, C. A., Pape, T., & Thompson, F. C. (2008). Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity*, 9(1-2), 86–89. doi: 10.1080/14888386.2008.9712892
- Sutherland, J. P., Sullivan, M. S., & Poppy, G. M. (2001). Oviposition behaviour and host colony size discrimination in *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae). *Bulletin of Entomological Research*, 91(05), 411–417. doi: 10.1079/BER2001117
- Tamaki, G., Landis, B. J., & Weeks, R. E. (1967). Autumn populations of green peach aphid on peach trees and the role of syrphid flies in their control. *Journal of Economic Entomology* 60, 433–436.
- Tenhumberg, B., & Poehling, H. M. (1992). Investigations on density dependent responses of syrphids (Diptera: Syrphidae) in winter wheat. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 8(1-3), 140–146. Recuperado de <http://www.cabdirect.org/abstracts/19951114083.html;jsessionid=A2A0C81B80D5E34C2EA0DE006448EA8C>

- Tenhumberg, B., & Poehling, H. M. (1995). Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: Aspects of their biology and efficacy in different years and regions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52(1), 39–43. doi: 10.1016/0167-8809(94)09007-T
- Tenhumberg, B. (1995). Estimating Predatory Efficiency of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) in Cereal Fields. *Environmental Entomology*, 24(3), 687–691.
- Thompson, C. F., Rotheray, G. H., & Zumbado, M. A. (2012). Syrphidae (Flower flies). En Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E., & Zumbado, M. A. (Eds.), *Manual of Central American Diptera Vol. 1* (pp: 763-779), Ontario: NCR Research Press.
- Tizado, E. J. M., Núñez, E., & Nieto, J. M. (1992). Reservorios silvestres de parasitoides de pulgones del género *Aphis* con interés agrícola en la provincial de León. (Hym., Braconidae: Aphidiinae; Hom., Aphididae). *Bol. San. Veg. Plagas*. 18, 309-313.
- Voegtlin, D., Villalobos, W., Sánchez, M. V., Saborío, G., & Rivera, C. (2003). A guide to the winged aphids (Homoptera) of Costa Rica. *Rev.Biol.Trop*, 51(2), 1–22.
- Wang, W., Liu, Y., Chen, J., Ji, X., Zhou, H., & Wang, G. (2009). Impact of intercropping aphid-resistant wheat cultivars with oilseed rape on wheat aphid (*Sitobion avenae*) and its natural enemies. *Acta ecologica sinica*, 29(3): 186-191.
- White, A. J., Wratten, S. D., Berry, N. A., & Weigmann, U. (1995). Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica* pests by hover flies (Diptera: Syrphidae). *J. Econ. Entomol.*, 88(5), 1171–1176. Recuperado de <http://jee.oxfordjournals.org.ezp2.lib.umn.edu/content/jee/88/5/1171.full.pdf>
- Wiedenmann, R. N., & Smith, J. W. (1997). Attributes of natural enemies in ephemeral crop habitats. *Biological Control*, 10(1), 16–22. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964497905442>

Capítulo 2

Guía ilustrada para la identificación de los sírfidos afidófagos (Diptera: Syrphidae) y pulgones (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo orgánico de lechuga *Lactuca sativa* (Asteraceae) en Costa Rica

Daniela Azofeifa Jiménez¹, María Ángeles Marcos García², Nicolás Pérez Hidalgo³, Manuel A. Zumbado Arrieta⁴.

1. San José, Costa Rica: azofeifajd@gmail.com
2. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad de la Universidad de Alicante, Alicante, España; marcos@ua.es
3. Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León, España; nperh@unileon.es
4. Investigador asociado al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia, Costa Rica; mzumbado@INBio.ac.cr, zzuman@gmail.com.

Abstract

The aphidophagous hoverflies are widely known for their potential for biological control of various pests of agricultural interest. However, in Costa Rica its impact on agricultural ecosystems is unknown and it have not been used in integrated pest management programs. This paper provides a guide to the identification of the main species of aphidophagous hoverflies and describes the aphid pest species associated with lettuce crop. The purpose of this guide is to facilitate the knowledge of aphidophagous hoverflies species in this crop and to promote their inclusion in biological control programs. The sampling of hoverflies and aphids was performed every 15 days, in five randomized lettuce crop plots, in four organic vegetable farms, between February and July 2014. Five species of hoverflies and six aphid species, associated to lettuce crop in Costa Rica, were recorded.

Key words: key, aphidophagous hoverflies, aphids, organic agriculture, lettuce crop.

INTRODUCCIÓN

El control biológico es una estrategia alternativa al uso de agroquímicos. Se define como el uso de organismos depredadores y parasitoides para reducir la densidad de plantas o animales que provocan algún daño al ser humano (Murdoch & Briggs, 1996). Por lo tanto se trata del uso de los enemigos naturales para el control de las especies que son consideradas plagas. Entre ellos los sírfidos (Diptera: Syrphidae) depredadores son ampliamente conocidos por su potencial en el control biológico de diversas plagas de interés agrícola (Chambers & Adams, 1986), ya que las larvas de la subfamilia Syrphinae y de algunas especies de Pipizinae (Mengual, Stahls, & Rojo, 2015) son depredadoras de pulgones (Aphididae), escamas (Coccidae) y mosca blanca (Aleyrodidae), además pueden depredar larvas de Lepidoptera y hasta insectos adultos (Rotheray & Gilbert, 2011).

Los sírfidos adultos son conocidos como moscas de las flores, ya que con frecuencia se les observa en parches de flores, donde obtienen el polen que es necesario para el desarrollo sexual tanto de las hembras como de los machos y el néctar que es la fuente de energía para el desarrollo de su característico vuelo (Rojo, Gilbert, Marcos-García, Nieto, & Durante, 2003). Esta estrecha relación de los sírfidos con los recursos florísticos les ha permitido incorporarse en las estrategias de control biológico por conservación (CBC) (Laubertie, Wratten, & Hemptinne, 2012), que consiste en manipular el ambiente con el fin de potenciar las poblaciones de los enemigos naturales que se encuentran en el ecosistema (Landis, Wratten, & Gurr, 2000). En el caso de los sírfidos la introducción del recurso florístico ha sido una estrategia exitosa en el CBC (Pineda & Marcos-García, 2008; Haenke, Scheid, Schaefer, Tschardtke, & Thies, 2009; Martínez-Uña, Martín, Fernández-Quintanilla, & Dorado, 2013).

A pesar del éxito que han tenido los sírfidos como agentes de control biológico en Europa y otras zonas templadas, en Costa Rica y en general en toda Centroamérica, el comportamiento de los sírfidos depredadores asociados a sistemas agrícolas es desconocido. Este trabajo aporta una guía ilustrada de las especies de sírfidos depredadores y la descripción de las especies de pulgones, asociados al cultivo de lechuga. Que pretende facilitar el conocimiento sobre estos agentes biológicos beneficiosos y promover así la inclusión de los sírfidos como un agente biológico más

en la lucha contra plagas en los agroecosistemas. Esto facilitará al personal técnico del sector agrícola el aporte de observaciones de historia natural y uso del recurso florístico, base para la inclusión de estas especies en los programas de control biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se realizó en cuatro fincas orgánicas de hortalizas ubicadas en las zonas hortícolas de la cordillera volcánica central de Costa Rica (Cuadro 1). Tres de ellas se ubican en la provincia de Cartago dentro de la zona de vida bosque húmedo montano bajo, con temperaturas promedio de 12 a 18 °C y precipitaciones de 2000 a 4000 mm anuales, y una ubicada en la provincia de Heredia, en la zona de vida bosque muy húmedo premontano con temperaturas de 18 a 20 °C y con precipitaciones de 4000 a 8000 mm anuales.

Cuadro 1. Datos geográficos de las cuatro fincas orgánicas

Table 1. *Geodata for the four organic farms*

Sitio de estudio	Altitud (msnm)	Coordenadas	Localidad
1. Finca Orgánica La Socola	1660	9°52'59.90"N 83°51'2.23"W	Cartago, Oreamuno, Cipreses
2. Finca Orgánica La Pavilla	1672	9°52'56.40"N 83°50'46.83"W	Cartago, Oreamuno, Cipreses
3. Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (CNEAO)	1592	9°52'55.20"N 83°53'41.12"W	Cartago, Oreamuno, La Chinchilla
4. Finca Agroecológica Amalur	1600	10°2'30.42"N 84°2'22.58"W	Heredia, San Isidro, Santa Cecilia

El muestreo en el cultivo de lechuga se realizó cada 15 días de febrero a julio del 2014. En cada sitio de estudio se seleccionaron cinco cuadrantes aleatorios de dos metros de largo por un metro de ancho. En cada lechuga dentro de los cuadrantes se efectuó la búsqueda exhaustiva de sírfidos inmaduros (huevos, larvas y puparios) y de pulgones. Los sírfidos fueron colocados en cajas Petri y luego en bolsas con cierre hermético para evitar la fuga de especímenes durante el traslado al laboratorio. Los pulgones encontrados en el cultivo de lechuga fueron recolectados y preservados en frascos con alcohol etílico al 95%.

Crianza de estadios inmaduros: Se realizó en la localidad de La Aurora de Heredia, a 1050 m de elevación, bajo las condiciones ambientales del sitio. Se registraron las fechas de pupación y de eclosión del adulto. Las larvas se alimentaron con pulgones del cultivo de lechuga y especímenes de *Brevicoryne brassicae* Linnaeus 1758, recolectados sobre *Brassica campestris* L. (Brassicaceae), planta común en los sitios de estudio.

Guía ilustrada: La clave de los sírfidos afidófagos y la descripción de los pulgones del cultivo de lechuga se elaboraron mediante la modificación y adaptación de claves existentes. Para los sírfidos se utilizó la clave de géneros de Centro América (Thompson, Rotheray, & Zumbado, 2012) y para la descripción de pulgones se utilizó la información de la guía de pulgones alados de Costa Rica de Voegtlin, Villalobos, Sánchez, Saborío, & Rivera (2003) y la que figura en la web Aphids on the World's Crops (Blackman & Eastop, 2000).

RESULTADOS

Se lograron criar 250 especímenes hasta adultos a partir de las larvas y pupas recolectadas del cultivo de lechuga, que corresponden a las siguientes especies: *Allograpta obliqua* Say, 1823 (52.80%), *Toxomerus watsoni* Curran, 1930 (21.60%), *Allograpta exotica* Widemann, 1830 (14.80%), *Toxomerus mutuus* Say 1829 (6.80%) y *Toxomerus* CR-3Thompson (4.00%). La clave de los sírfidos afidófagos incluye las cinco especies y dos géneros mencionadas. Se encontraron cinco especies de pulgones en el cultivo de lechuga: *Aphis gossypii* Glover 1877, *Aulacorthum solani* Kaltenbach 1843, *Nasonovia ribisnigri* Mosley 1841, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas

1878 y *Uroleucon ambrosiae* Thomas 1878. Se describen las cinco especies encontradas y se presenta una clave para su identificación.

Descripción de los sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga.

Larva: Los sírfidos encontradas en el cultivo de lechuga tienen cuerpos aplanados ventralmente, alargados, subcilíndricos y ligeramente más angostos en el extremo anterior. Son casi transparentes y se tornan de color amarillo a verdusco durante el desarrollo. No tienen patas segmentadas ni cabeza bien definida. Se diferencian de otros dípteros por la unión de los dos espiráculos respiratorios posteriores (ERP) en una estructura tubular y usualmente alargada (tubos respiratorios posteriores (TRP)) que se localizan en la parte posterior del cuerpo (Fig. 1 A (Thompson et al., 2012).

Las larvas pasan por tres estadios larvales antes de su pupación, los dos primeros estadios son casi transparentes y con estructuras poco evidentes. El tercer estadio presenta las estructuras morfológicas bien desarrolladas y se diferencia por la aparición de los TRP (Rotheray, 1993). Las larvas del tercer estadio del género *Allograpta* son verdes y poseen dos bandas blancas longitudinales en el dorso (Fig. 1 A). Las larvas de *Toxomerus* son verdes y algunas veces con unas bandas blancas difusas en el dorso, pero nunca tan marcadas como en *Allograpta* (Fig. 1 B). Sin embargo, las principales diferencias entre ambos géneros son la longitud de los tubos respiratorios y la forma de los espiráculos. En *Allograpta* los tubos son alargados (Fig. 1 A y C), mientras que en *Toxomerus* son cortos y ligeramente separados en el extremo distal (Fig. 1 B y D). Los espiráculos respiratorios de *Allograpta* tienen forma de una D y en *Toxomerus* forman una B (Fig. 1 E y F)

Pupario: El pupario de los sírfidos se desarrolla a partir del endurecimiento de la cutícula del tercer estadio larval por lo que conserva muchas de las estructuras larvales y pueden ser identificados a nivel de género por las diferencias en los TRP y los ERP, antes mencionadas. Los puparios son redondeados en la parte anterior y se agudizan en la parte posterior. Son de color verde claro al inicio y se tornan color marrón oscuro. El pupario de *Allograpta* es ovalado, plano ventralmente, color verde y casi siempre con dos bandas blancas longitudinales en el dorso (Fig. 1 C). El pupario de *Toxomerus* es oblongo, plano ventralmente y con la parte distal más alargada, verde y con líneas dorsales difusas (Fig. 1 D).

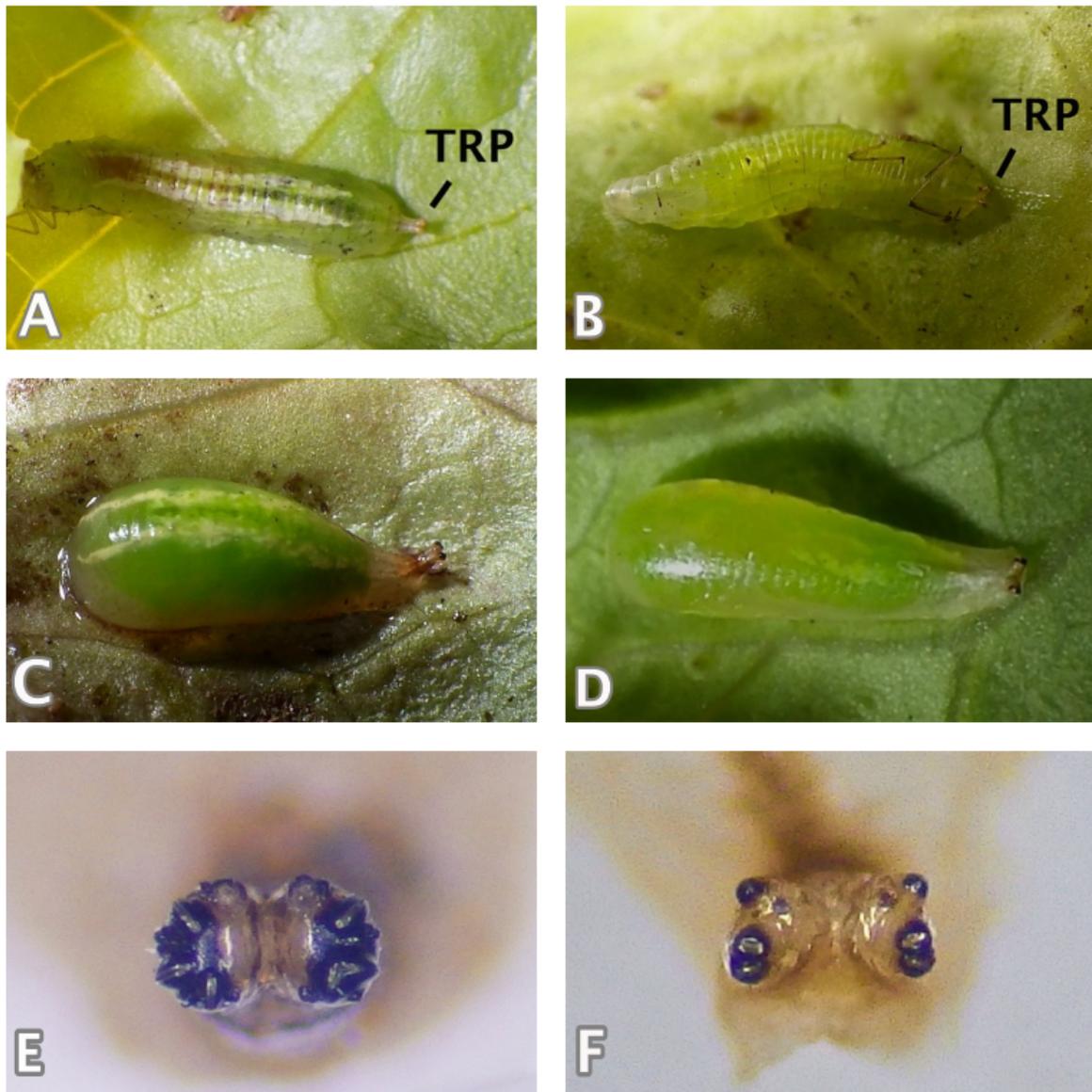


Fig. 1. Estados inmaduros de los sírfidos depredadores de pulgones en el cultivo de lechuga; A: larva de *Allograptia*; B: larva de *T. mutuus*; C: pupa de *Allograptia*; D: pupa de *Toxomerus*; E: ERP de *Allograptia*; F: ERP de *Toxomerus*.

Fig. 1. Immature stages of the syrphid predators of aphids on lettuce crop; A: larva *Allograptia*; B: larva of *T. mutuus*; C: *Allograptia* pupa; D: *Toxomerus* pupa; E: PRE *Allograptia*; F: PRE *Toxomerus*.

Adultos: Los sírfidos pertenecen al orden Diptera que se caracteriza por tener el primer par de alas membranosas bien desarrolladas y el segundo reducido a un par de estructuras en forma de alfiler, llamadas halterios o balancines (Fig. 2). De esta característica se deriva la etimología de Diptera (*di*=dos + *pteros*= alas), insectos con "dos alas". Como todos los insectos, tienen el cuerpo dividido en tres partes, cabeza, tórax y abdomen.

La familia Syrphidae se distingue de otros dípteros por la presencia de una vena falsa o *vena espuria*, que se extiende a lo largo del eje central del ala cruzando la vena r-m pero sin conexión en ninguno de sus extremos, sin embargo esta característica no es visible en todas las especies, por lo que se deben reconocer las celdas basales alargadas (*r*, *dm*, y *cup*) y la celda apical cerrada, *r* 4+5 (Fig. 3) (Thompson et al., 2012). Los sírfidos afidófagos asociados al cultivo de lechuga son de tamaño variable, generalmente menores de 9 mm de longitud. Las hembras presentan ojos dicópticos (separados frontalmente) (Fig. 4 A y B) y los machos tienen ojos holópticos (ojos unidos frontalmente) (Fig. 4 C y D). El abdomen es alargado y con patrones distintivos de color y forma en los diferentes segmentos.

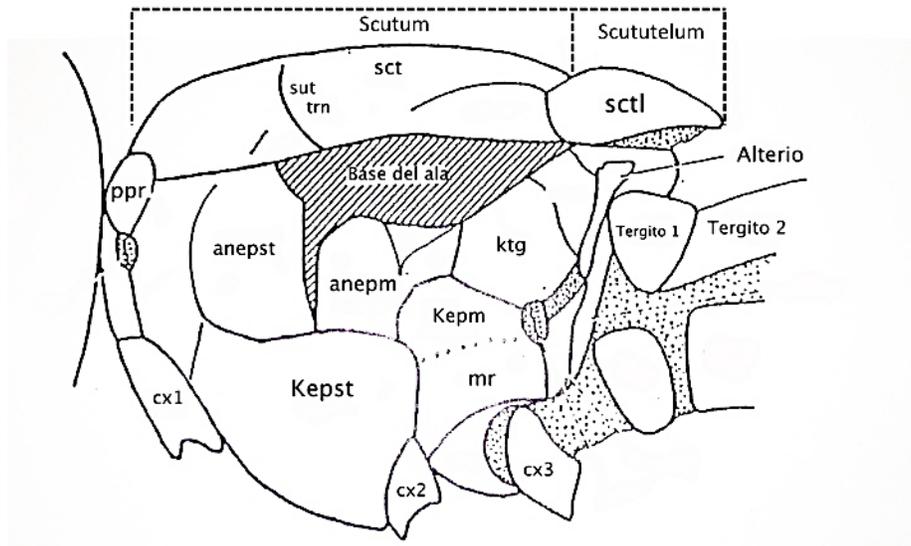


Fig. 2. Tórax y la base del abdomen, vista lateral, Syrphidae (tomada de Thompson, 1999, Fig. 8). anepm: anepimerum; cx1: coxa 1; cx2: coxa 2; cx 3: coxa 3; anepst: anepisternum; kepm: katepimerum; kepst: katepisternum; ktg: katatergite; sct: scutum; sctl: scutulum; sut trn: sutura transversal.

Fig. 2. Thorax and base of abdomen, lateral view, Syrphidae. (from Thompson, 1999, Fig. 8).

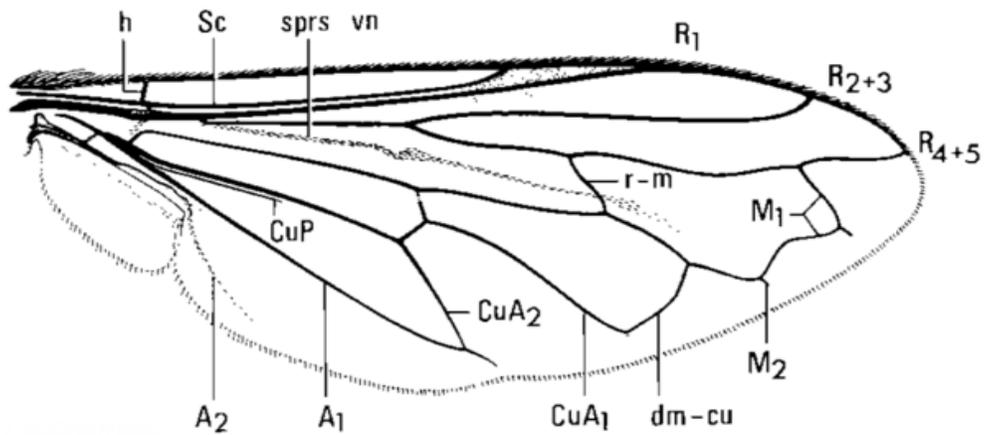


Fig. 3. Ala de Syrphidae (tomada de Vockeroth & Thompson, 1981, Fig. 48).

Fig. 3. Wing of Syrphidae (from de Vockeroth & Thompson, 1981, Fig. 48).

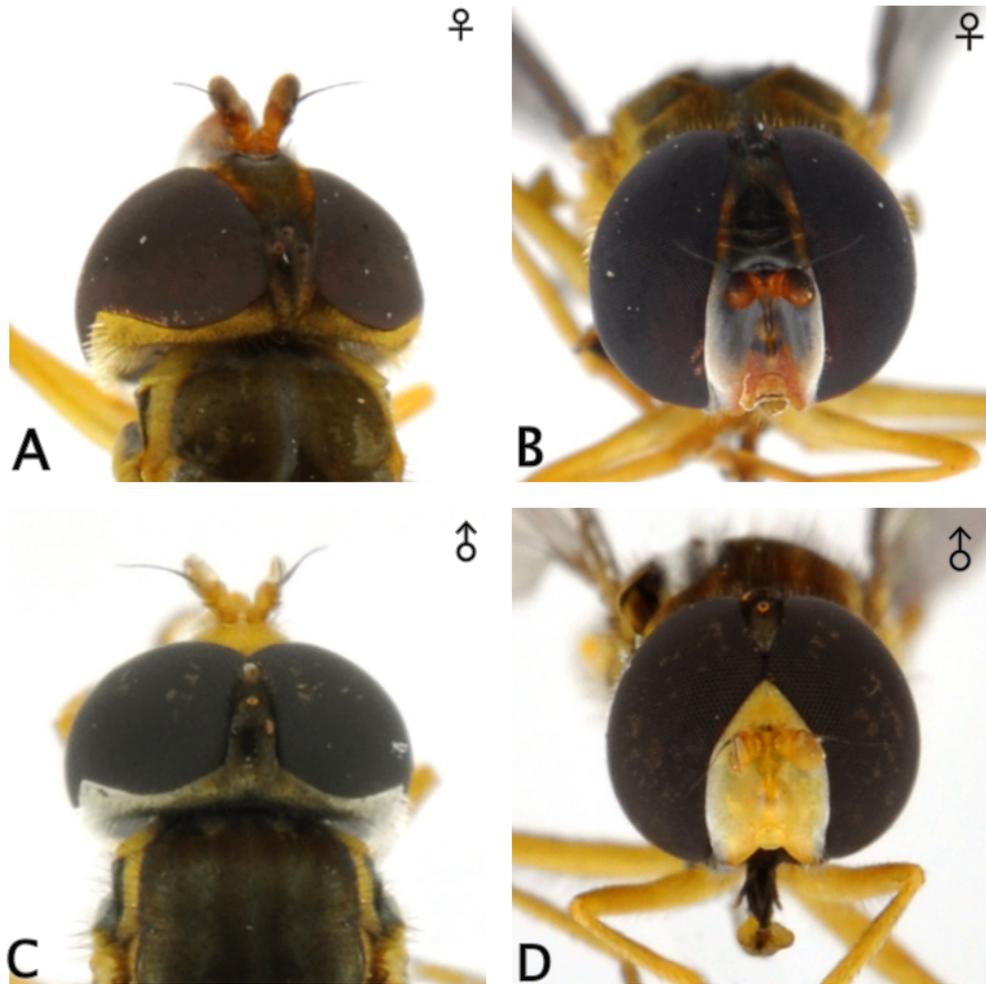


Fig. 4. Hembras dicópticos (A y B) y machos holópticos (C y D).

Fig. 4. Dichoptic females (A and B) and holoptic males (C and D).

Clave para la identificación de los sírfidos adultos afidófagos presentes en el cultivo orgánico de lechuga

1. Borde posterior del ojo sin una muesca triangular distintiva al nivel de la inserción antenal (Fig. 5 A). Cara en vista lateral recta, no proyectada hacia el frente. Mesonotum de color negro brillante con una banda ancha amarilla en el borde lateral, y discontinua sobre la sutura transversal (Fig. 5 C). Cuarto tergito del abdomen con dos bandas amarillas oblicuas y dos franjas amarillas centrales paralelas (Fig. 5 E) (*Allograpta*).....**2**

- 1” Borde posterior del ojo con una muesca triangular al nivel de la inserción de la antena y cara en vista lateral proyectada hacia el frente (Fig. 5 B). Mesonotum negro brillante con una banda amarilla en el borde lateral, delgada y continua desde el postpronotum hasta el scutelum (Fig. 5 D). Abdomen con diversas combinaciones de franjas y bandas de color pálido, pero nunca como el patrón de la disyuntiva anterior (Fig. 5 F) (*Toxomerus*)**3**

2. Cara amarilla con una franja negra en el centro (Fig. 6 A). Katepimerum negro. Pleura amarilla pero discontinua en el katepimerum color negro (Fig. 6 C). *Allograpta exotica*

- 2” Cara marrón (Fig. 6 B). Katepimerum amarillo (Fig. 6 D). Pleura completamente amarilla incluyendo el anepisternum, katepisternum hasta el katatergitem *Allograpta obliqua*

3. Terguitos abdominales III y IV con una banda ancha amarilla que cubre desde la base hasta la mitad del tergito, con dos manchas negras pequeñas en el medio del tergito (Fig. 7 A y B)..... *Toxomerus mutuus*

- 3” Abdomen con manchas triangulares amarillas en los tergitos abdominales III a IV, borde del abdomen completamente amarillo (Fig. 7 C y D).....*Toxomerus CR-3Thompson*

- 3”” Abdomen amarillo, con una banda angosta oscura en el extremo posterior de cada tergito (Fig. 7 E y F)*Toxomerus watsoni*

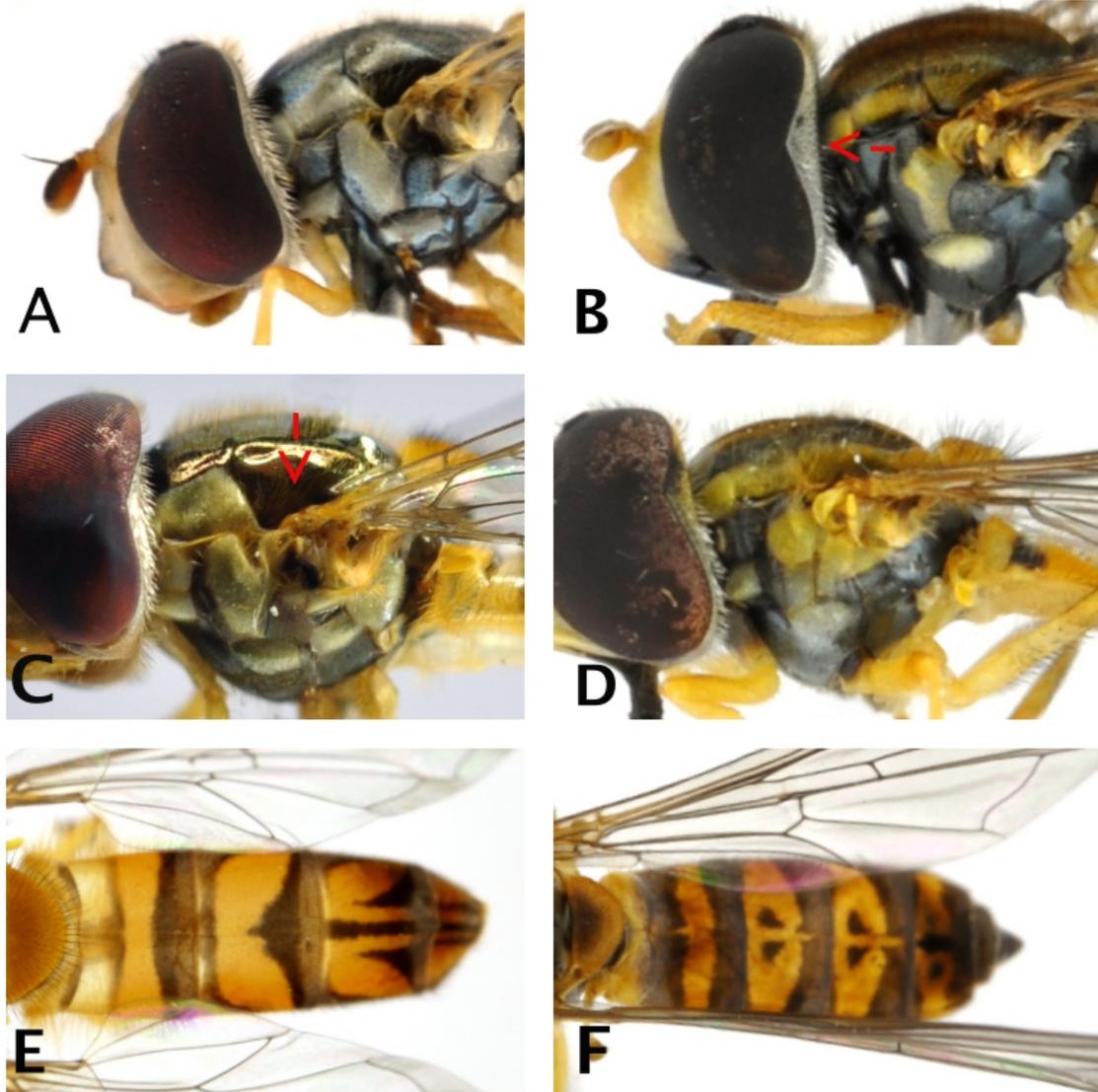


Fig. 5. Características de *Allograpta* y *Toxomerus*; A: cabeza de *Allograpta* en vista lateral; B: cabeza de *Toxomerus* en vista lateral, flecha apuntando la muesca en forma de triángulo; C: línea discontinua en *Allograpta*; D: línea continua en *Toxomerus*; E: abdomen de *Allograpta*; F: abdomen de *Toxomerus*.

Fig 5. *Allograpta* and *Toxomerus*; A: head side view *Allograpta*; B: *Toxomerus* head in side view, the arrow pointing triangle-shaped notch; C: dashed line in *Allograpta*; D: continuous line in *Toxomerus*; E: *Allograpta* abdomen; F: *Toxomerus* abdomen.

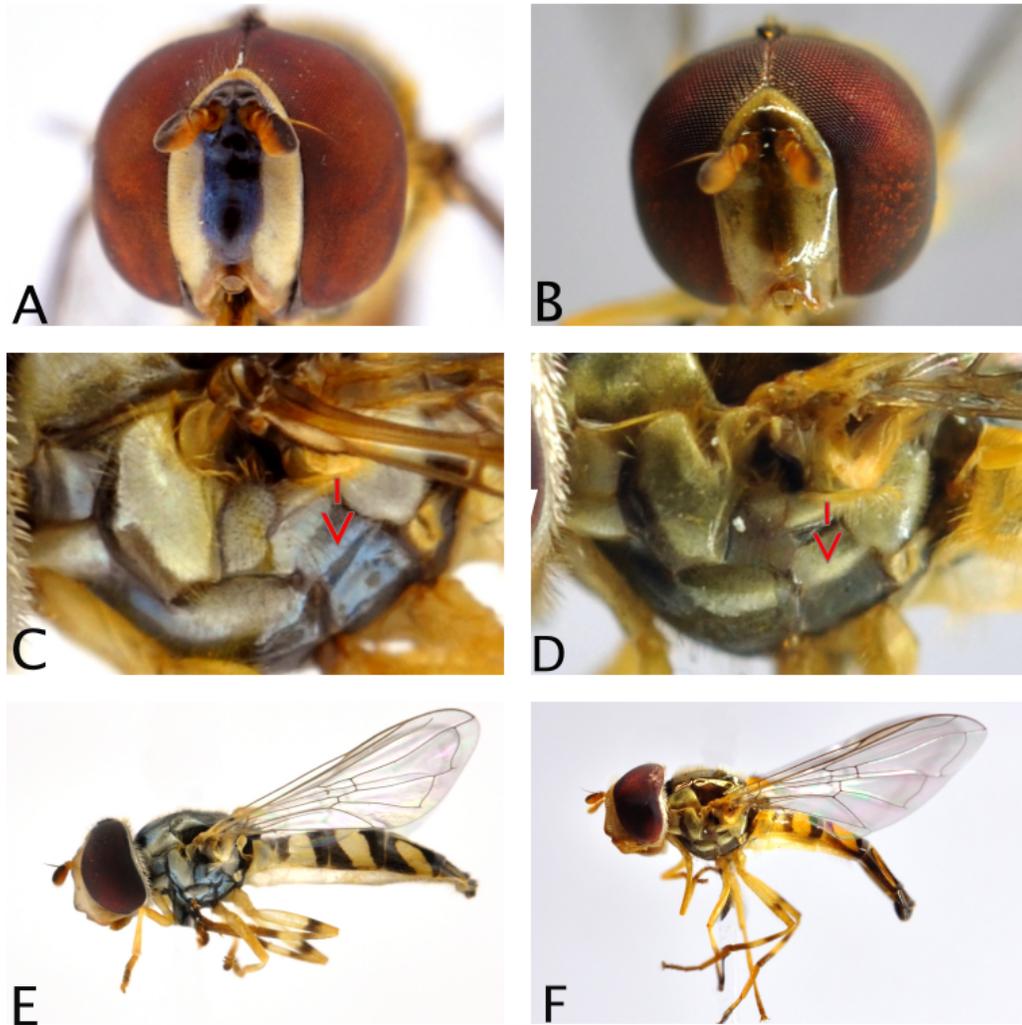


Fig. 6. Características de *A. exotica* y *A. obliqua*; A: cara negra, *A. exotica*; B: cara marrón, *A. obliqua*; C: katepimero negro, *A. exotica*; D: katepimerum blanco, *A. obliqua*; E: *A. exotica* vista lateral; F: *A. obliqua* vista lateral.

Fig. 6. Characters of *A. obliqua* and *A. exotica*; A: black face, *A. exotica*; B: brown face, *A. oblique*; C: black Katepimerum, *A. exotica*; D: katepimerum white, *A. oblique*; E: *A. exotica* side view; F: *A. obliqua* side view.

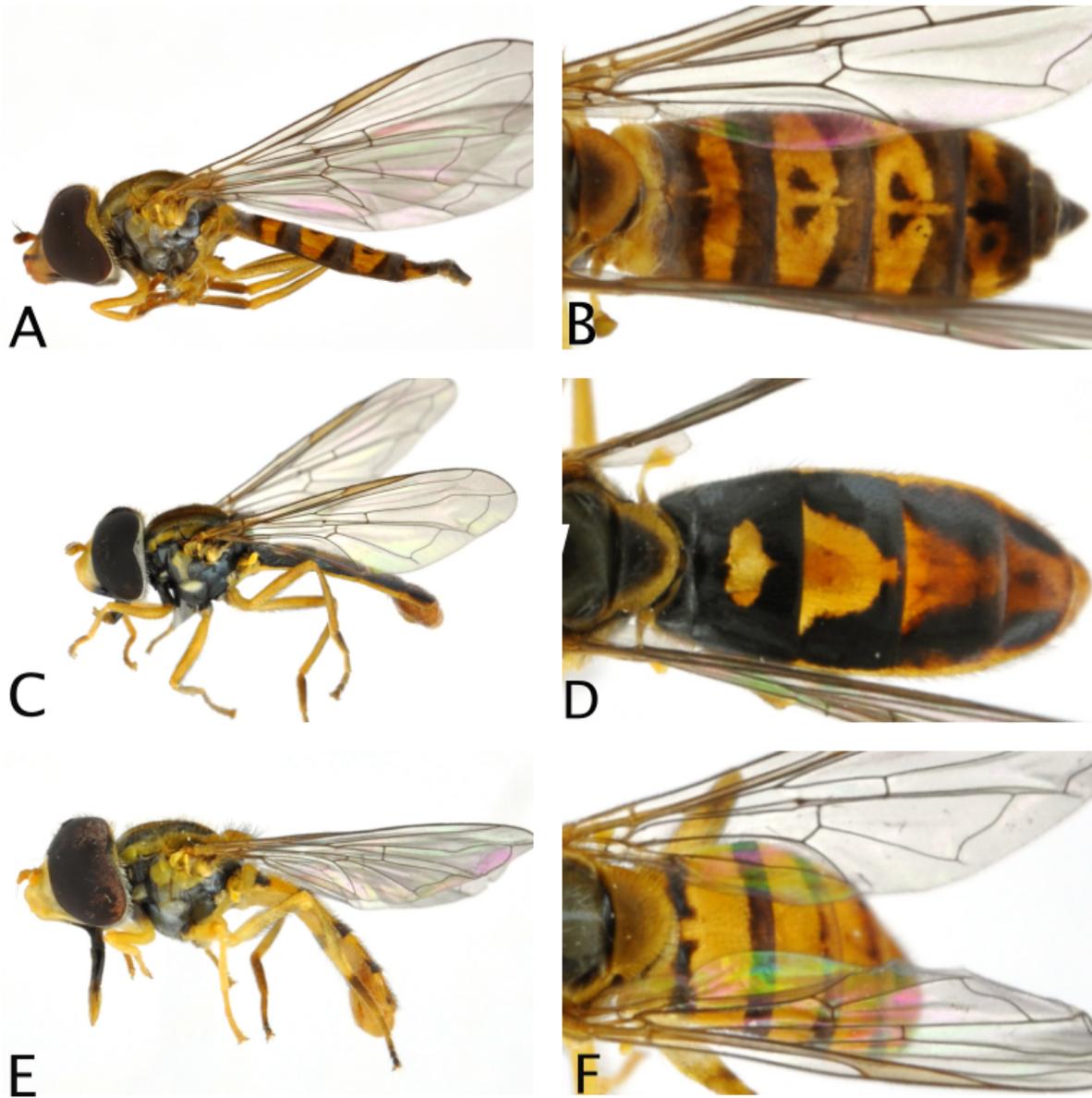


Fig. 7. Vista lateral y abdomen de las especies de *Toxomerus*; A y B: *T. mutuus*; C y D: *T. CR-3Thompson*; E y F: *T. watsoni*.

Fig 7. Lateral view and abdomen of *Toxomerus* species; A and B: *T. mutuus*; C and D: *T. CR-3Thompson*; E and F: *T. watsoni*.

Descripción de las especies de pulgones asociados al cultivo de lechuga orgánica

Los pulgones (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) son insectos pequeños de cuerpo blando, ápteros o alados, con un aparato bucal picador-chupador (rostro) especializado para penetrar y succionar la savia de las plantas. Se distinguen por poseer cornículos o sifúnculos (Fig. 8), que son un par de estructuras tubulares localizadas en la parte distal y dorsal del abdomen que utilizan para secretar sustancias de defensa o para la comunicación intraespecífica. Las cornículos presentan diversos grados de reticulación (Fig. 9), tamaño y grosor que permite distinguir las especies.

Las antenas de los pulgones están formadas normalmente por seis segmentos, con el VI segmento dividido en una parte basal más ancha y una parte distal más angosta, conocido como el *Processus Terminalis* (PT) (Fig. 10). En los pulgones alados se muestra una sola vena longitudinal bien definida en las alas anteriores (Voegtlin et al., 2003).

A continuación se detalla la descripción de las cinco especies de pulgones asociados al cultivo de lechuga (Fig. 11), dando énfasis en el reconocimiento de características que son visibles en especímenes frescos según la guía de los áfidos alados de Costa Rica de Voegtlin et al., (2003) y se presenta la clave de áfidos asociados a lechuga para hembras ápteras adultas y aladas.

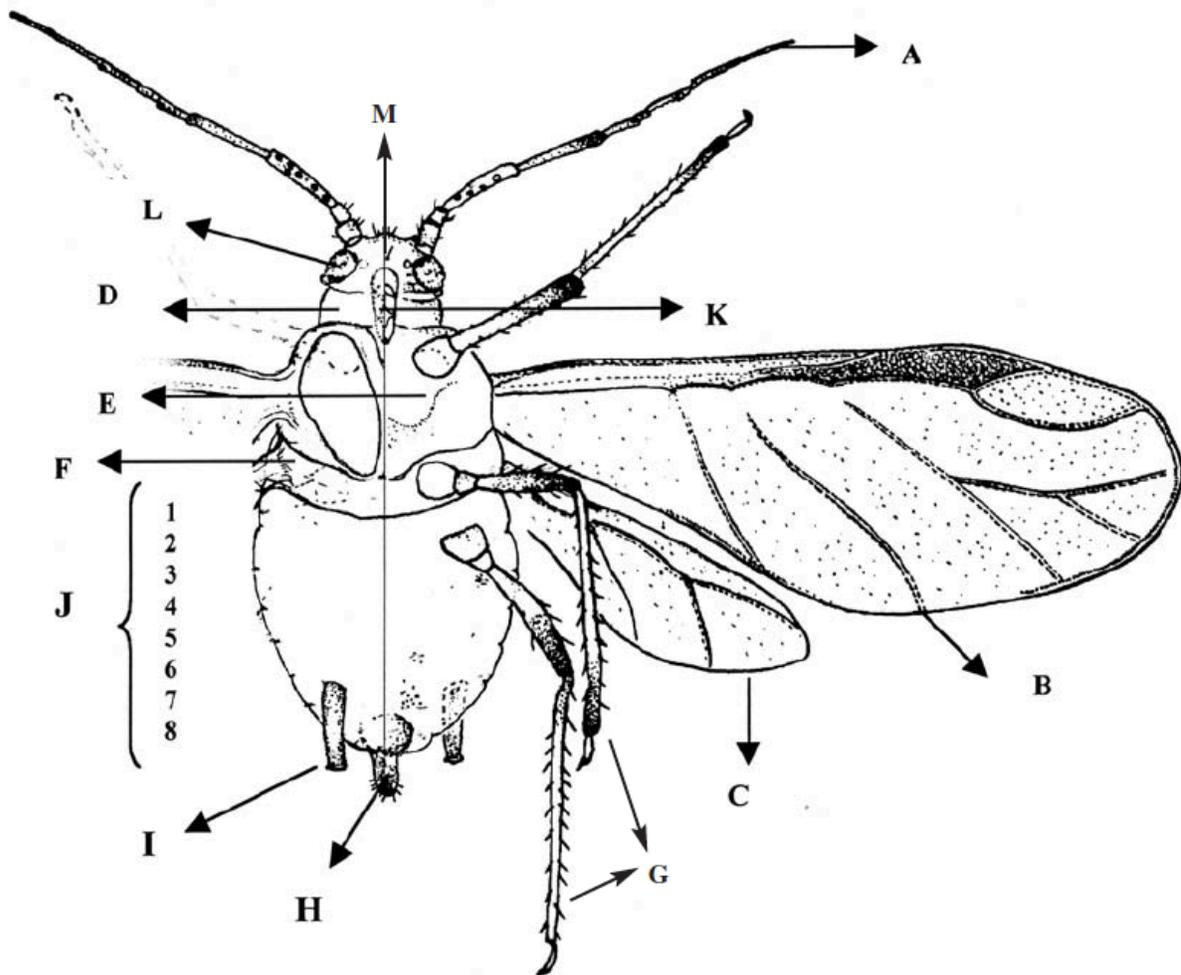


Fig. 8. Características morfológicas generales de los pulgones; A: antena; B: ala anterior; C: ala posterior; D: protórax; E: mesotórax; F: metatórax; G: patas; H: cauda; I: sifúnculo; J: segmentos abdominales I-VIII; K: rostro; L: ojo compuesto; M: cabeza. (Tomada de Voegtlin et al., (2003), Fig. 1).

Fig. 8. General morphological characters of aphids; A: antenna; B: forewing; C: hindwing; D: prothorax; E: mesothorax; F: metathorax; G: legs; H: cauda; I: siphunculus; J: abdominal segments I-VIII; K: rostrum; L: compound eye; M: head. (From Voegtlin et al., (2003). Fig. 1).

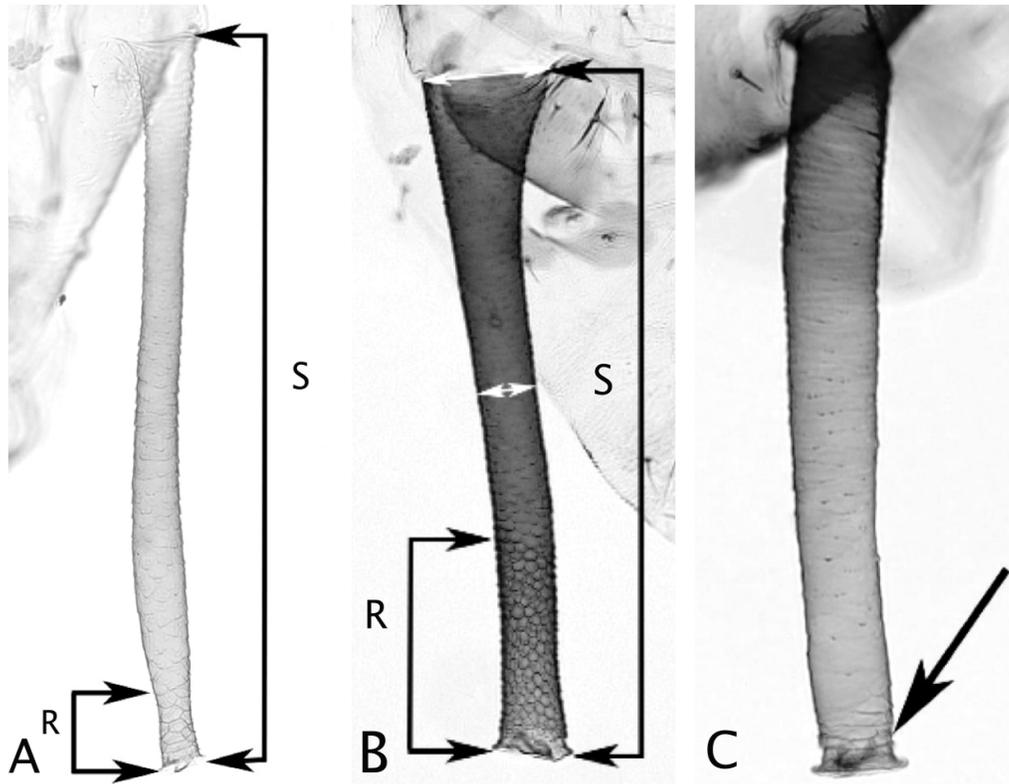


Fig. 9. Reticulación de cornículos; A: reticulación apical; B: reticulados; C: algunas veces se forman dos capas de polígonos en el ápice, pero no son consideradas reticulaciones; R: reticulaciones; S: sifunculos o cornículos. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014). ApidID. Consulta <http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php>. 16 febrero 2016).

Fig 9. Crosslinking cornicles.; A: crosslinking apical; B: lattices; C: sometimes two layers of polygons are formed at the apex, but are not considered crosslinks; A: crosslinks; S: siphunculi or cornicles. (Changing Favret. C & Miller, G. (2014). ApidID. See <http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php>. February 16, 2016).

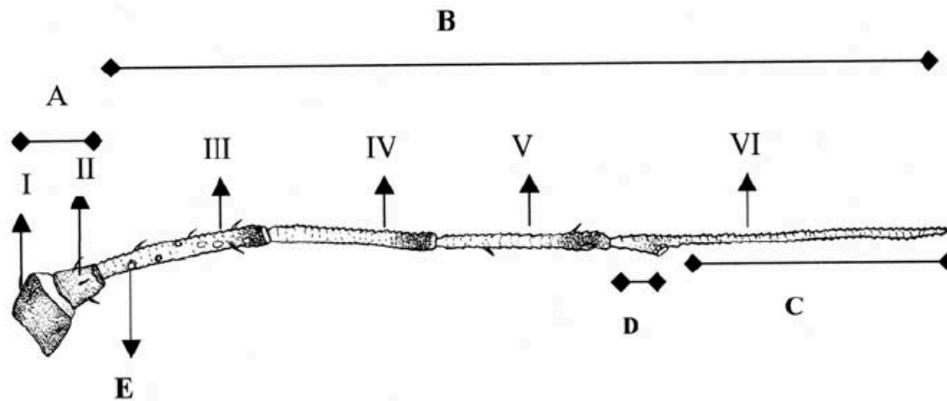


Fig. 10. Características morfológicas de las antenas; A: escápula y pedicelo (segmentos basales I-II); B: flagelo (segmentos III- VI); C: processus terminalis; D: base; E: rinarios o sensores secundarios. (Tomada de Voegtlin et al., (2003), Fig. 2).

Fig. 10. Morphological characters of antennae; A: scape and pedicel (basal segments I-II); B: flagellum (segments III-VI); C: terminal process; D: base; E: secondary sensoria. (From Voegtlin et al., (2003), Fig. 2).

Aphis gossypii Glover 1877

Cuerpo de 0.95-1.75 mm de largo, de color variable, antenas cortas (0.6 veces el largo del cuerpo), con el abdomen de color amarillo a verde oscuro en ejemplares vivos. En especímenes aclarados las características diagnósticas son: el color de la cauda más clara que los sífúnculos, el III segmento de la antena con 3-9 rinarios secundarios, el PT de 2.5 -3 veces la base del segmento y cauda con 4-6 pelos. Se distribuye por casi todas las zonas tropicales y templadas de todo el mundo excepto las zonas más al norte. Se le conoce con el nombre de pulgón del algodón (Fig. 11 A).

Aulacorthum solani Kaltenbach 1843

Cuerpo de 1.8 a 3.0 mm de largo, de color variable entre amarillo a verde en ejemplares vivos, con una mancha notable verde oscura en la base de los sífúnculos. En especímenes aclarados las características diagnosticas son: el color de los sífúnculos claro y con las puntas oscuras, y los tubérculos antenales prominentes y cubiertos de espinas. Conocido como el pulgón de invernaderos, es una especie polífaga muy peligrosa por transmitir virus vegetales (Fig. 11 B y C).

Nasonovia ribisnigri Mosley 1841

Cuerpo de 1.3 a 2.7 mm de largo. Los ápteros son de color verde brillante y algunas veces varían entre los colores verde, amarillo y rosado. Los alados tienen un patrón de manchas oscuras abdominales. Las antenas son tan largas como el cuerpo. Conocido como el pulgón de la lechuga, es la especie más abundante en el cultivo de lechuga (Villalobos *et al.* 2004) (Fig. 11 D).

Macrosiphum euphorbiae Thomas 1878

Cuerpo de 2.1 a 3.3 mm de largo, cabeza y tórax de verde a verde amarillento, ligeramente más oscuros que el resto del cuerpo de color verde claro o algunas veces rosado. Antenas tan largas o más largas que el cuerpo (1 a 1.5 veces la longitud del cuerpo). Abdomen sin escleritos visibles. Antenas y patas más oscuras. Especie originaria de América del Norte y se extiende por las áreas templadas de Europa y Asia. Conocido como el pulgón de la papa (Fig. 11 E).

Uroleucon ambrosiae Thomas, 1878

Cuerpo de 2.5 a 3.7 mm de largo. Cabeza café oscuro, tórax, antenas, patas y sífúnculos negros, abdomen de rojo intermedio a oscuro. Antenas aproximadamente del largo del cuerpo. Conocido como el pulgón oscuro. Esta especie es considerada una plaga seria en cultivos hidropónicos de lechuga (Fig. 11 F).

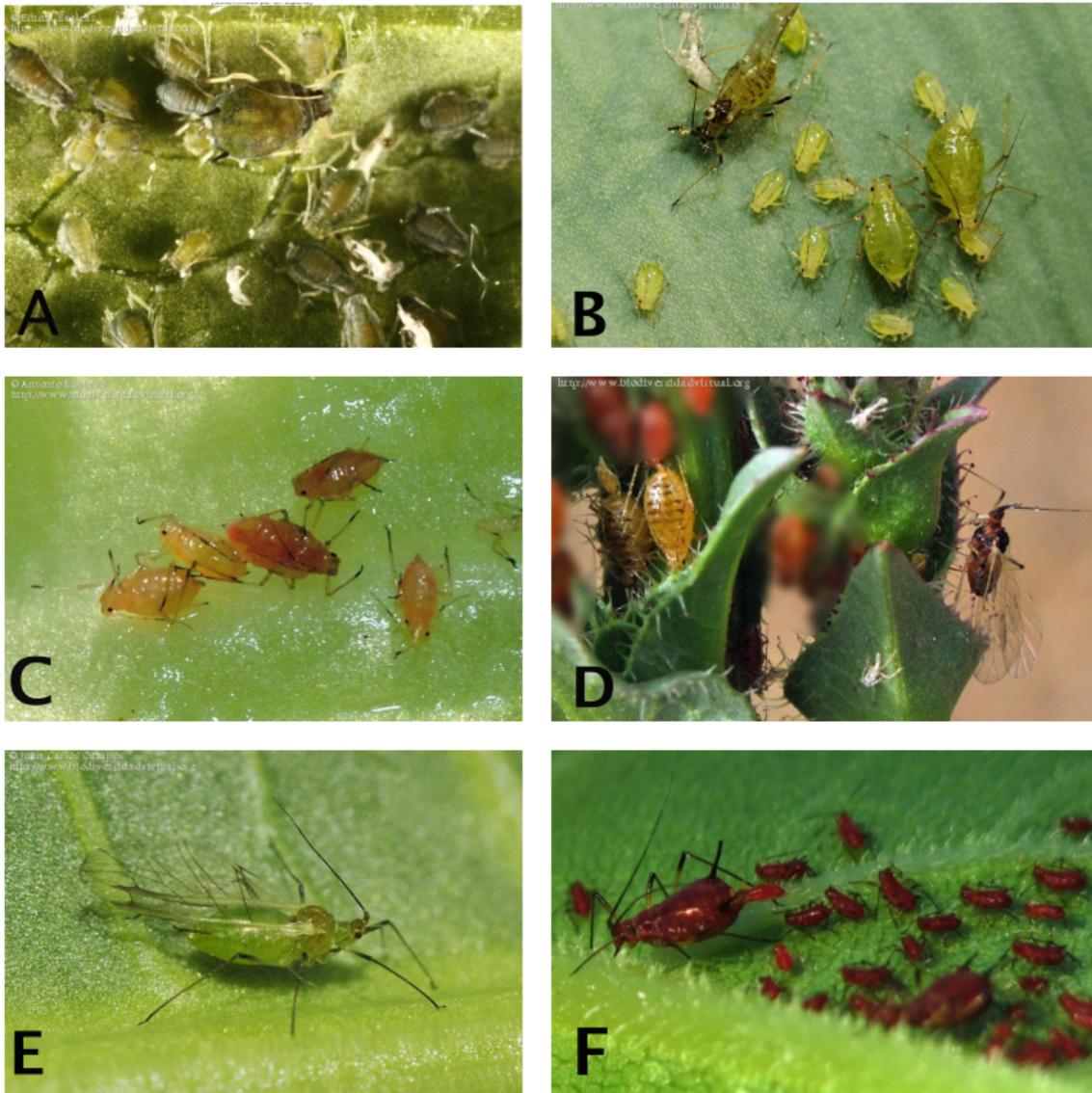


Fig. 11. Pulgones del cultivo de lechuga; A: *A. gossypii*; B y C: *A. solani*; D: *N. ribisnigri*; E: *M. euphorbiae*; F: *U. ambrosiae*. (Descargadas de <http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/>, 15 febrero 2016).

Fig. 11. Aphids of lettuce crop: A) *A. gossypii*, B and C) *A. solani*, D) *N. ribisnigri*, E) *M. euphorbiae*, F) *U. ambrosiae*. (Downloaded <http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/>, February 15, 2016)

Clave para hembras vivíparas ápteras adultas y aladas

1. Pulgones con cornículos negros (Fig. 12 A y B) y coloración marrón rojiza o verde amarillenta o verde oscura 2
- 1'' Pulgones de tamaño medio a grande con cornículos claros o ligeramente pigmentados en la mitad apical o en el ápice pero nunca negros (Fig. 12 C y D). Con coloración variable (de verde a rosada)..... 5

2. Pulgones ápteros 3
- 2'' Pulgones alados 4

3. Pulgones de tamaño medio (0,80 a 2,15 mm) y coloración variable (verde oscuro o verde azulados los de mayor tamaño a amarillo verdosos los más pequeños), con cornículos cortos (0,17-0,34 mm) sin reticulación apical (Fig. 13 A) y cola ligeramente más clara que los cornículos. Sin esclerotización dorsoabdominal en los ápteros (Fig. 14 A) y limitada a los escleritos marginales y en los uritos VII y VIII en los alados (Fig. 14 B)..... *Aphis gossypii*

- 3'' Pulgones de tamaño medio a grande (3,31-3,80 mm) y coloración marrón rojiza, con cornículos más largos (0,80-0,90 mm) con una marcada reticulación apical (Fig. 13 E) y cola nítidamente más clara que los cornículos. Esclerotización dorsoabdominal limitada a la base de las setas y a la zona posterior de los cornículos (Fig. 14 C)..... *Uroleucon ambrosiae*

4. Cornículos sin reticulación (Fig. 13 C). Antenómero III con 32-66 sensorios secundarios *Nasonovia ribisnigri*
- 4'' Cornículos con una marcada reticulación apical (Fig. 14 E). Antenómero III con 22-46 ... *Uroleucon ambrosiae*

5. Pulgones con cornículos largos (0,74 mm) pálidos en la base y ligeramente pigmentados hacia el ápice, en los que se observa fuerte reticulación que coincide con un ligerísimo

- estrechamiento apical (Fig. 13 D). Sin esclerotización dorsoabdominal tanto en ápteras como en aladas..... *Macrosiphum euphorbiae*
- 5'' Pulgones con cornículos más cortos (0,56-0,68 mm) pigmentados sólo en el ápice y sin reticulación marcada 6
6. Pulgones verde pálido a verde amarillentos y ocasionalmente rosados con esclerotización mas o menos marcada en los escleritos intersegmentarios (Fig. 14 D). Cornículos claros y con el ápice más oscuro (Fig. 13 C) pero sin fuerte reborde apical. Ápteras con 3 a 36 sensorios secundarios en el antenómero III (Fig. 10).....*Nasonovia ribisnigri*
- 6'' Pulgones verdes o verde amarillentos con la base de los cornículos marronáceas y sin esclerotización dorsoabdominal en las ápteras (Fig. 14 E) y con bandas espinopleurales y escleritos marginales e intersegmentarios en las aladas (Fig. 14 F). Cornículos con reborde apical marcado (Fig. 13 B). Ápteras con 0 a 4 sensorios secundarios en el antenómero III (Fig. 10).....*Aulacorthum solani*

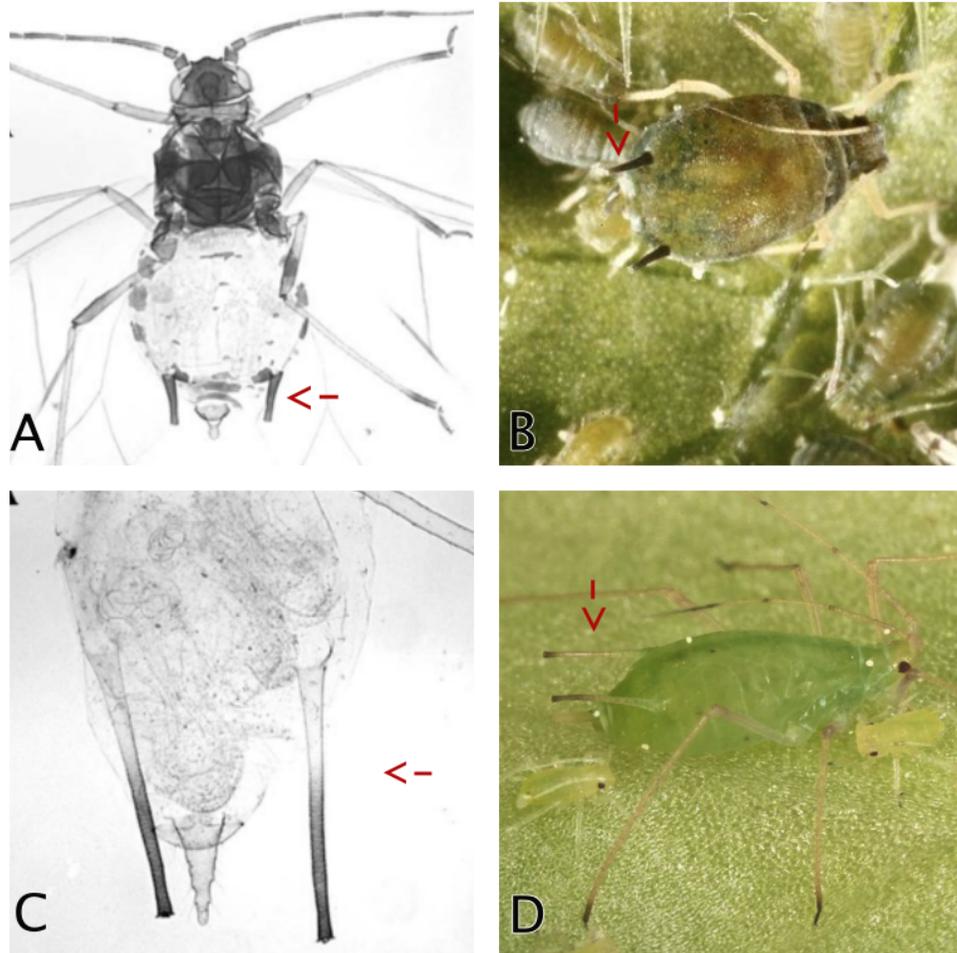


Fig. 12. Cornículos de *A. gossypii* color negro (A: espécimen aclarado; B: espécimen vivo), y cornículos de *M. euphorbiae* con el ápice oscuro (C: espécimen aclarado; D: espécimen vivo). (A, C: modificados de Voetling et al., (2003); B, C: descargadas de <http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/>, 15 febrero 2016).

Fig 12. Cornicles of *A. gossypii* black (A: cleared specimen; B: live specimen), and *M. euphorbiae* cornicles with dark apex (C: cleared specimen; D: live specimen). (A, C: modified of Voetling et al., (2003); B, C: downloaded <http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/>, February 15, 2016)

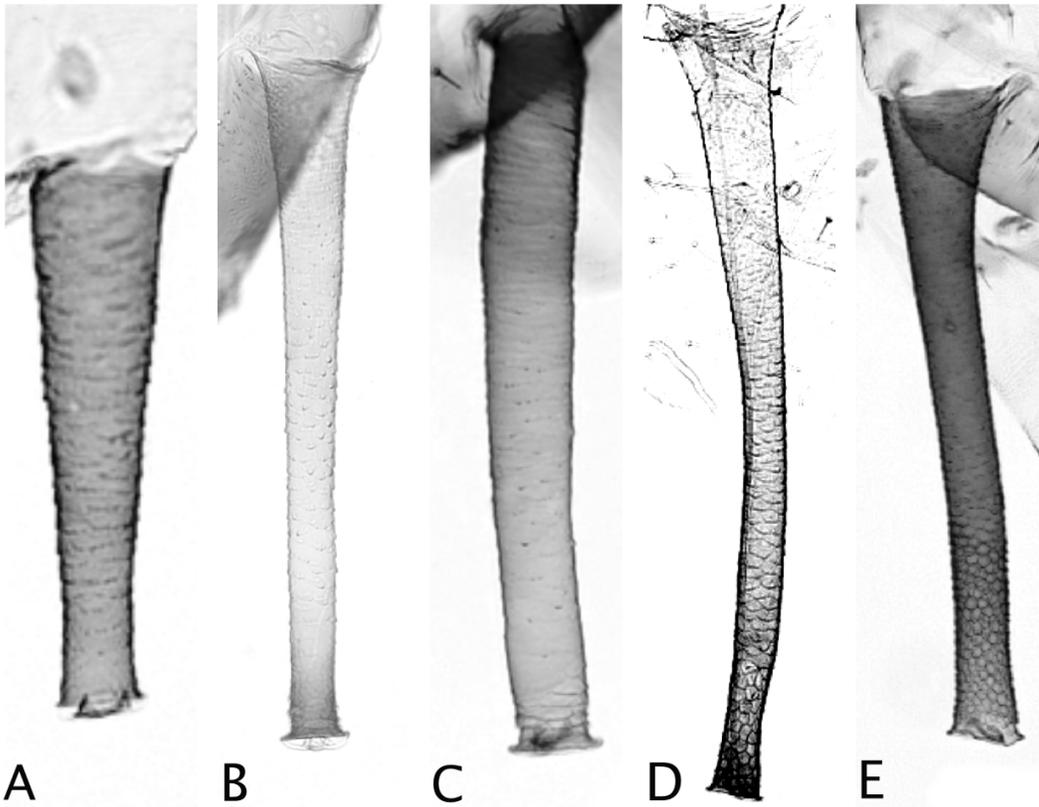


Fig. 13. Cornículos; A: *A. gossypii*; B: *A. solani*; C: *N. ribisnigri*; D: *M. euphorbiae*; E: *U. ambrosiae*. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014) ApidID. Consulta <http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php>, 16 febrero 2016)

Fig. 13. Cornicles; A: *A. gossypii*; B: *A. solani*; C: *N. ribisnigri*; D: *M. euphorbiae*; E: *U. ambrosiae*. (Modified of Favret, C & Miller, G. (2014). ApidID. Downloaded <http://aphid.aphidnet.org/siphunculus.php>, February 16, 2016)

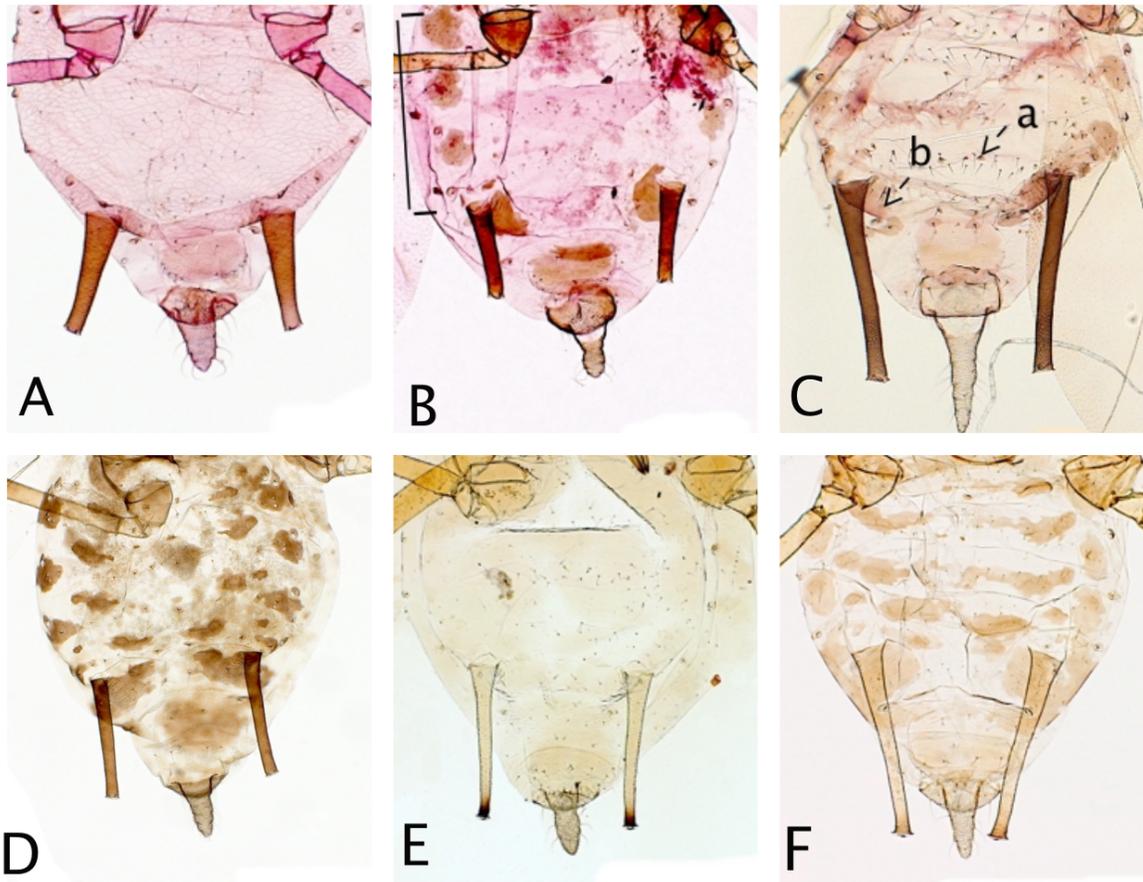


Fig. 14. Patrones de esclerotización de abdomen de áfidos: A: *A. gossypii* áptero; B: *A. gossypii* alado (líneas marcan los escleritos marginales); C: *U. ambrosiae* alado (a: esclerotización en la base de las setas; b: esclerotización en zona posterior de los cornículos); D: *N. ribisnigri* alado; E: *A. solani* áptero; F: *A. solani* alado. (Modificación de Favret, C & Miller, G. (2014). AphID. Consulta <http://aphid.aphidnet.org>, 16 febrero 2016).

Fig. 14. Abdomen: A: *A. gossypii* apterous; B: *A. gossypii* winged (lines mark the marginal sclerites); C: *U. ambrosiae* winged (a: sclerotization in the lass base SETA; b: sclerotization rear area of cornicles); D: *N. ribisnigri* winged; E: *A. solani* wingless; F: *A. solani* winged. (Modified for Favret, C & Miller, G. (2014). AphID. Consultation <http://aphid.aphidnet.org>, February 16, 2016)

RESUMEN

Los sírfidos afidófagos son ampliamente conocidos por su potencial en el control biológico de diversas plagas de interés agrícola. Sin embargo en Costa Rica se desconoce su impacto en los agroecosistemas y no se han utilizado en programas de control integrado de plagas. Este trabajo aporta una guía para la identificación de las principales especies de sírfidos afidófagos y describe las especies de áfidos plaga asociados al cultivo de lechuga. El propósito de esta guía es facilitar el conocimiento de las especies de sírfidos afidófagos de este cultivo y promover su inclusión en los programas de control biológico. El muestreo de sírfidos y pulgones se realizó cada 15 días, en cinco cuadrantes aleatorios de cultivo de lechuga, en cuatro fincas orgánicas de hortalizas, entre febrero y julio del 2014. Se registraron cinco especies de sírfidos y seis especies de pulgones, asociados al cultivo de lechuga en Costa Rica.

Palabras clave: clave, sírfidos afidófagos, agricultura orgánica, lechuga.

REFERENCIAS

- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the World's Crops*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Buck, M., Woodley, N. E., Borkent, A., Wood, D. M., Pape, T., Vockeroth, J. R., Michelsen, V., & Marshall, S. A. (2009). Key to diptera families-Adults. En Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E., & Zumbado, M. A. (Eds.) *Manual of Central American Diptera Vol. 1*, (pp: 95-145). Ontario: NCR Research Press.
- Chambers, R. J., & Adams, T. H. L. (1986). Quantification of the impact of hoverflies (Diptera, Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *The Journal of Applied Ecology*, 23(3), 895–904. Recuperado de [http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901\(198612\)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S](http://links.jstor.org/sici?sici=0021-8901(198612)23:3<895:QOTIOH>2.0.CO;2-S)
- Martínez-Uña, A., Martín, J., Fernández-Quintanilla, C., & Dorado, J. (2013). Provisioning Floral Resources to Attract Aphidophagous Hoverflies (Diptera: Syrphidae) Useful for Pest Management in Central Spain. *Journal of Economic Entomology*, 106(6), 2327–2335.
- Mengual, X., Stahls, G., & Rojo, S. (2015). Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. *Cladistics*, 31, 491–508.
- Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschardtke, T., & Thies, C. (2009). Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1106–1114. doi 10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x
- 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, 175–201. doi: 10.1146/annurev.ento.45.1.175

- Laubertie, E. a., Wratten, S. D., & Hemptinne, J. L. (2012). The contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera: Syrphidae) fitness. *Biological Control*, *61*, 1–6. doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.12.010
- Murdoch, W. W. & C. J. Briggs. 1996. Theory for Biological Control: Recent Developments. *Ecology*. *77*(7): 2001–2013.
- Pineda, A., & Marcos-García, M. A. (2008). Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *Annales De La Societe Entomologique De France*. *44*, 487-492.
- Rojo, S., Gilbert, F., Marcos-García, M. A., Nieto., J. M., & Durante, M. P. (2003). A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. Alicante. España Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO).
- Rotheray, G. E., & Gilbert, F. (2011). The natural history of hoverflies. Inglaterra Forrest text. London..
- Rotheray, G. E. (1993). Color guide to hoverfly larvae (Diptera, Syrphidae) in Britain and Europe. *Dipterist Digest*. *9*, 1-156.
- Thompson, C. F., Rotheray, G. H., & Zumbado, M. A. (2012). Syrphidae (Flower flies). En Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E., & Zumbado, M. A. (Eds.), *Manual of Central American Diptera Vol. 1*, (pp: 763-779). Ontario: NCR Research Press.
- Thompson, F. C. (1999). A key to the genera of the flower flies (Diptera: Syrphidae) of the Neotropical Region: including descriptions of new genera and species and a glossary of taxonomic terms. *Contributions on entomology, international*. *3* (3): 319-378.

- Villalobos, M., Sánchez, J. A., Kabaluk, T., Lacasa, A., González, A., & Varó, P. (2004). Distribución espacial del pulgón *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) (Hemiptera: Aphididae) en un cultivo intercalado de lechuga ecológica. *Bol. San. Veg. Plagas*, 30, 615–621.
- Vockeroth, J. R. & Thompson, F. C. (1981). Syrphidae. En: McAlpine, J. F. (Ed.), *Manual of Nearctic Diptera*, (pp. 713-743). Ottawa: Agriculture Canada,
- Voegtlin, D., Villalobos, W., Sánchez, M. V., Saborío, G., & Rivera, C. (2003). A guide to the winged aphids (Homoptera) of Costa Rica. *Rev.Biol.Trop*, 51(2), 1–22.

CONCLUSIONES

1. En las fincas orgánicas existen poblaciones de sírfidos depredadoras que ejercen un control natural sobre los pulgones plaga en el cultivo de lechuga. Cuya presencia abre la oportunidad de implementar estrategias de control biológico por conservación para favorecerlos.
2. Las especies de sírfidos afidófagos en el cultivo de lechuga son *Allograpta obliqua* (52.80%), *Toxomerus watsoni* (21.60%), *Allograpta exotica* (14.80%), *Toxomerus mutuus* (6.80%) y *Toxomerus* CR-3Thompson (4.00%). Siendo *A. obliqua* la especie con mayor potencial como agente para el control biológico, debido a su mayor abundancia y constancia en las fincas con mayor producción de lechuga, indicando una mayor adaptación a las condiciones del ambiente.
3. La diversidad de sírfidos afidófagos en las fincas orgánicas pueden variar según la frecuencia y producción de lechuga, presentándose poblaciones de sírfidos más abundantes y estables en las fincas con mayor y constante producción.
4. Los sírfidos afidófagos responden positivamente a la densidad de pulgones, observándose que por cada unidad que aumenta el promedio de la abundancia de pulgones la probabilidad de presencia de sírfidos se incrementa en un 52%, la cual es una característica deseable en cualquier agente de control biológico.
5. Se confirma que los sírfidos afidófagos utilizan el recurso florístico dispuesto dentro de las fincas orgánicas, que está compuesto por plantas cultivadas: *Coriandrum sativum*, *Fagopyrum esculentum*, *Eruca vesicaria* y *Ocimum basilicum*, y plantas no cultivadas como: *Bidens pilosa*, *Brassica campestris*, *Rumex* sp. y *Verbena litoralis*.

6. La tasa de parasitación de los sírfidos por himenópteros es muy baja, apenas del 1%, siendo esto una característica muy favorable para su uso como agentes de control biológico.
7. Se observó que la planta silvestre *Brassica campestris* conocida como nabillo, es hospedera de *Brevicoryne brassicae*, puede considerarse como una planta hospedera de presas alternativas para los enemigos naturales.
8. La abundancia de pulgones en el cultivo de lechuga aumentó después de la segunda semana del trasplante de las plántulas. Indicando el momento propicio para la aplicación de estrategias de control preventivo, que aproveche las densidades bajas de las plaga.

RECOMENDACIONES

- Describir las especies de sírfidos en aspectos de historia natural y requerimientos de hábitat, tales como: voracidad, especificidad de presas, ovoposición, ciclos de vida, fenología, recursos florísticos, con el fin determinar la especie a utilizar en programas de control biológico.
- Determinar el efecto de la temperatura ambiental sobre cada especie de sírfido afidófago y pulgón plaga.
- Determinar el impacto de los sírfidos afidófagos en otros cultivos de hortalizas y frutales, y sobre otras plagas no consideradas en este estudio, como mosca blanca, escamas y larvas de mariposa (*Plutella*).
- Probar la efectividad del control biológico por conservación de pulgones mediante la introducción de recurso florístico para fomentar los sírfidos depredadores en fincas orgánicas.
- Evaluar el efecto de las técnicas e insumos utilizados en la agricultura convencional y orgánica sobre las larvas y adultos de sírfidos depredadores, especificando su compatibilidad con el control biológico.
- Comparar la diversidad de sírfidos depredadores en fincas orgánicas y fincas convencionales.
- Construir la red de enemigos naturales que controlan las poblaciones de pulgones en las fincas orgánicas de Costa Rica.

GLOSARIO

Afidófago: Que se alimenta de áfidos

Ambiente protegido: Cultivos que se siembran en invernaderos o en estructuras cerradas o semi cerradas de similares características.

Antófago: Que se alimentan de flores

Cultivos intercalados: Es la siembra de cultivos intercalados con otros cultivos o plantas que repelen insectos plagas o que atraen insectos beneficiosos.

Fitófago: Que se alimenta de plantas

Fluidófago: Se alimentan de fluidos que forman parte de otros organismos (savia, sangre, exudados).

Polífago: Que se hospeda o se alimenta de especies de plantas que pertenecen a diferentes familias botánicas.

Umbral económico: Es la densidad de la especie plaga en la que hay que comenzar a aplicar las medidas de control, antes de que los daños económicos que provoca una plaga, superen el costo de las medidas tomadas para combatirla.

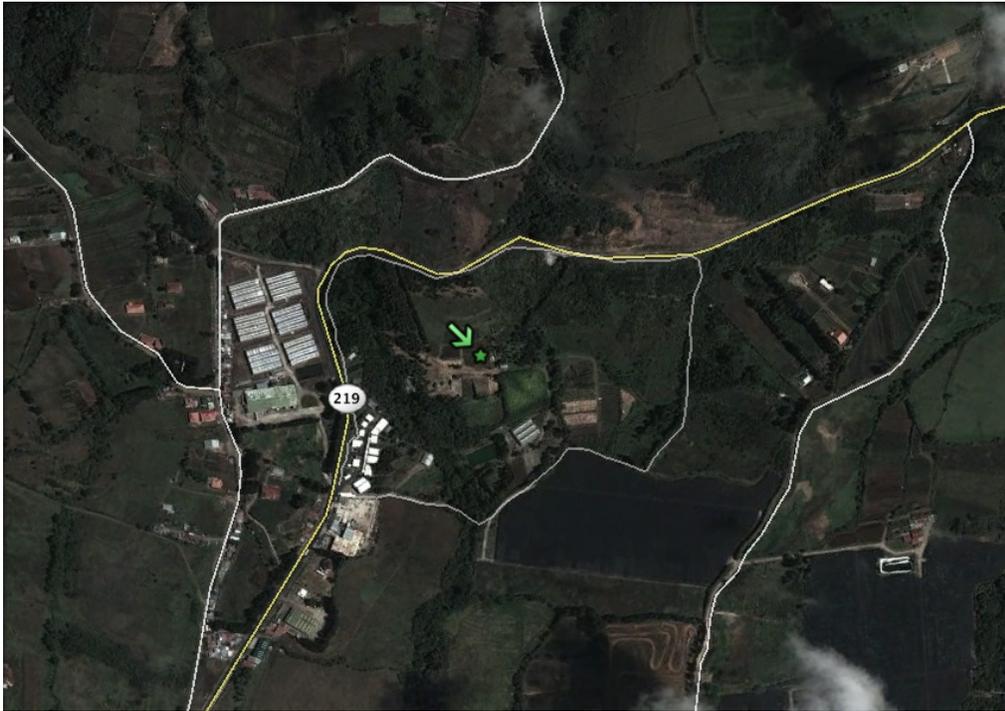
ANEXOS



Anexo. 1. Finca orgánica La Socola, Cipreses, Cartago. Fuente: Google Earth 2014



Anexo. 2. Finca Agroecológica Amalur, San Isidro, Heredia. Fuente: Google Earth 2014



Anexo. 3 Centro Nacional Especializado de Agricultura Orgánica. Fuente: Google Earth 2014



Anexo. 4. Finca Orgánica Pavilla, Cipreses, Cartago. Fuente: Google Earth 2014.



Anexo. 5. Trampa Malaise: A: Finca Orgánica La socola; B: Finca Orgánica Amalur.



Anexo. 6. Hembra de *Allograpta* sp. poniendo huevos en lechuga en la finca orgánica La Socola:
A: hembra de *Allograpta* sp.; B: huevo de sírfido.



Anexo. 7. Avispas parasitoides de sírfidos: A: *Sussaba callosa* (Ichneumonidae); B: Cryptinae (Ichneumonidae).



Anexo. 8. Especies de sírfidos afidófagas en los parches de flores de las fincas orgánicas.



Anexo. 9. Planta reservorio de pulgones: A: nabillo *B. campestris* (Brassicaceae); B: pulgones *B. brassicae*.