

Plantas, áfidos y parasitoides: interacciones tróficas en agroecosistemas de la provincia de Santa Fe, Argentina y clave para la identificación de los Aphidiinae y Aphelinidae (Hymenoptera) conocidos de la región

ZUMOFFEN, Leticia^{1,2}, Marta RODRIGUEZ³, Marcos GERDING³, Cesar E. SALTO¹ & Adriana SALVO⁴

¹ Área Investigación Agronomía, Protección Vegetal, Estación Experimental Agropecuaria INTA, Rafaela, Ruta Nacional 34, Km. 227, Santa Fe, Argentina.

² CONICET, INTA, Rafaela, Ruta Nacional 34, Km. 227, Santa Fe, Argentina. E-mail: zumoffen.leticia@inta.gov.ar; leticiazumoffen@hotmail.com

³ Centro de Producción de Insectos Benéficos, Biobichos Ltda.  ante, Chile.

⁴ Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET), FCEFy N, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Plants, aphids and parasitoids: trophic interactions in agroecosystems in the province of Santa Fe, Argentina and a key to the identification of Aphidiinae and Aphelinidae (Hymenoptera) known to the region

ABSTRACT. Parasitoids (Hymenoptera: Aphidiinae; Aphelinidae) exert a significant pressure regulation in pest aphid populations (Hemiptera: Aphididae). In order to contribute to the biological control of aphids, the objective of this study was to identify plant-aphid-parasitoid trophic interactions occurring in crop fields and their vegetated borders and to provide an identification key for parasitoids recorded in the province of Santa Fe (Aphidiidae and Aphelinidae). Over four years, (2009-2013), 10 transects of 0.5 m in crops (alfalfa, oats, wheat and canola) and non-crop edges were randomly selected in 28 fields from six districts of the province. Samples of each observed species were taken and mummies (parasitized aphids) were reared in the laboratory, until adult emergence, for identification. Regional matrix for plant-aphid-parasitoid interaction registered in crops and non-crop and useful aspects for aphid pest control are discussed. Known host range for eleven species of parasitoids were expanded and an illustrated key based on female morphology of both groups of parasitoids, and another based on mummies morphology and other evidences of parasitoids emergence from their hosts, were provided.

KEY WORDS. Crops. Conservative Biological Control. Spontaneous vegetation.

RESUMEN. Los parasitoides (Hymenoptera: Aphidiinae; Aphelinidae) ejercen una presión de regulación importante en las poblaciones de áfidos plaga (Hemiptera: Aphididae). A fin de contribuir al control biológico de la afidiofauna, el objetivo del trabajo fue identificar interacciones tróficas planta-áfido-parasitoide en ambientes cultivados y naturales aledaños y proveer una clave de identificación de los parasitoides (Aphidiidae y Aphelinidae) de la provincia de Santa Fe. Durante cuatro años (2009-2013), en 28 campos de seis distritos de la provincia, se seleccionaron al azar 10 transectas de 0,5 m en cultivos (alfalfa, avena, trigo y colza) y vegetación espontánea de los bordes. Se tomaron muestras de las especies presentes, y las momias (áfidos parasitados) se criaron en laboratorio hasta la emergencia de adultos para su posterior identificación. Se ofrece la matriz regional de interacciones planta-áfido-parasitoide registradas en cultivos y vegetación espontánea y se dis-

cuten aspectos de consideración útil para el control de áfidos plaga. Se amplía el rango de hospedadores conocido de once especies de parasitoides y se ofrece una clave ilustrada basada en la morfología de las hembras de ambos grupos de parasitoides y otra basada en la morfología de las momias y otros indicios, producidos por los parasitoides al emerger de sus hospedadores.

PALABRAS CLAVE. Cultivos. Control Biológico por Conservación. Vegetación espontánea.

INTRODUCCIÓN

Entre los insectos plaga, los áfidos (o “pulgonos”) (Hemiptera: Aphididae) constituyen uno de los grupos entomológicos con mayor importancia agrícola en las zonas templadas y representan uno de los principales factores limitantes de la producción de cultivos en la Argentina (Basigalup & Ustarroz, 2007). Los himenópteros parasitoides de la subfamilia Aphidiinae (Braconidae; Ichneumonoidea) y de la Familia Aphelinidae (Chalcidoidea) se destacan como los enemigos naturales más eficientes de áfidos (Lohaus *et al.*, 2013). Es de destacar que muchas especies de áfidos se alimentan sobre especies vegetales de crecimiento espontáneo que crecen en los bordes de los cultivos, y pueden ser huéspedes alternativos para parasitoides de áfidos plaga (Kavallieratos *et al.*, 2001). Por lo tanto, el conocimiento de las asociaciones entre plantas, áfidos y parasitoides y la correcta identificación de especies que componen estas comunidades es fundamental para detectar asociaciones tróficas de importancia para el manejo de la áfidofauna.

Durante las décadas del 70 y 80, en Argentina se introdujeron diversas especies de parasitoides para el control de áfidos: *Aphidius ervi* (Haliday), *A. rhopalosiphi* (De Stefani-Perez), *A. uzbekistanicus* (Luzhetzki), *Ephedrus plagiator* (Nees), *Praon gallicum* Starý y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), lográndose el establecimiento de algunas de ellas (Botto *et al.*, 1995). Botto y Hernández (1989) presentaron una clave de diez especies de parasitoides primarios asociados a áfidos plaga en cultivos de cereales de nuestro país, pero desde entonces, y a pesar de registrarse otras especies de parasitoides de áfidos, no se han actualizado las herramientas para la identificación de estos insectos. Teniendo en cuenta que el uso exitoso de parasitoides como agentes de biocontrol se

ve afectado por el escaso conocimiento acerca de su taxonomía, rangos de hospedadores e interacciones ecológicas (Powell, 1994; Rehman & Powell, 2010), se realizó el presente trabajo con los siguientes objetivos: (1) conocer detalladamente las asociaciones planta-áfido-parasitoide en cultivos y en vegetación marginal de la provincia de Santa Fe y (2) proveer una clave de Aphidiidae y Aphelinidae actualizada e ilustrada, que incluya las especies presentes en la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos periódicos de insectos (áfidos y parasitoides asociados) entre los años (2009-2013), en seis campos cultivados de avena, siete de trigo, doce de alfalfa y tres de colza, todos ubicados en seis distritos de la provincia de Santa Fe: Bernardo de Irigoyen, Ceres, Monte Vera, Rafaela, Reconquista y Sarmiento (Tabla I). Además de los cultivos, en todos los campos se realizaron muestreos en la vegetación marginal. Los campos muestreados presentaron una superficie que varió entre 1 y 3 has, sin que se realizaran aplicaciones de insecticidas durante el período de estudio.

Con el propósito de establecer las relaciones entre los parasitoides y sus áfidos hospedadores se trazaron al azar 10 transectas de 0,5 m en cada cultivo y en su vegetación espontánea, y se colectaron todas las colonias de áfidos, incluyendo las momias (áfidos parasitados) presentes. Estas últimas fueron colocadas individualmente en tubos plásticos etiquetados (2 ml) y se llevaron al laboratorio para su incubación y emergencia del estado adulto (Andorno *et al.*, 2007). Luego, los insectos fueron montados y disectados siguiendo la técnica de Fulbright *et al.*, (2007). Los áfidos se colocaron en frascos plásticos (~3 cm) con alcohol al 95% para ser transportados al laboratorio, donde

Tabla I. Número de lotes muestreados de cada especie cultivada, indicando el distrito y año de muestreo.

Distrito	Departamento	2009				2010				2011				2012				2013				
		Al	Av	Tr	Co	Al	Av	Tr	Co	Al	Av	Tr	Co	Al	Av	Tr	Co	Al	Av	Tr	Co	
Bernardo de Irigoyen	San Jerónimo	1								1												
Ceres	San Cristóbal					1								1								
Monte Vera	La Capital						1	1						1	1	1						
Rafaela	Castellanos	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1				
Reconquista	Gral. Obligado														1	1						
Sarmiento	Las Colonias	1				1						1				1						

Abreviaciones de las especies cultivadas: Al=alfalfa; Av=avena; Tr=trigo; Co=colza.

fueron montados siguiendo la técnica de Delfino (1983). La determinación de los áfidos se llevó a cabo utilizando las claves de Blackman & Eastop (2006 a, b) y fueron corroboradas por el Dr. Miguel Angel Delfino. Las especies de Aphidiidae y Aphelinidae fueron determinadas utilizando las claves de Smith (1944), Pike *et al.*, (2000), Takada (2001) y Hopper *et al.* (2012), y también por comparación de los especímenes con los presentes en la colección de especies y paratipos de la Washington State University (WSU) (Prosser, Washington, Estados Unidos). Todas las identificaciones fueron corroboradas por los Dres. Keith Pike (WSU) y por uno de los autores (MG). Especímenes de referencia fueron depositados en la colección entomológica del INTA-Rafaela y WSU.

A fin de detallar las asociaciones registradas entre plantas, áfidos y parasitoides se confeccionó una matriz de interacciones tritróficas. A partir de los ejemplares de Aphidiinae y Aphelinidae identificados en este estudio y de una búsqueda exhaustiva en la bibliografía de especies presentes en la provincia de Santa Fe, se realizaron dos claves de identificación: la primera se basa en la morfología de las hembras de ambos grupos de parasitoides y constituye una actualización a la clave confeccionada por Botto & Hernández (1989). La segunda clave que aquí presentamos está basada en la morfología de las momias y otros indicios dejados por los parasitoides al emerger de su hospedador, y permite conocer el género o especie de parasitoide que causó la muerte del áfido, cuando no es posible contar con el individuo que emergió de la momia, al menos en la región de estudio y para los cultivos aquí considerados. Las ilustraciones de los insectos se realizaron

con imágenes tomadas de una lupa (Olympus, SZ61) la cual tiene acoplada una cámara digital con una resolución de 10 Mpx (Infinity Analyze 1, Lumenera). Los dibujos fueron digitalizados y posteriormente trabajados mediante el programa Adobe Photoshop.

RESULTADOS

La matriz de interacciones de la región de estudio incluyó 73 especies: 4 especies de plantas cultivadas y 30 especies de plantas de crecimiento espontáneo, 25 especies de áfidos y 14 especies parasitoides (Tablas II y III). Además de los grupos de parasitoides que se tratan en este estudio, se registraron especies de hiperparasitoides de otras Familias: Encyrtidae, Pteromalidae (ambos Chalcidoidea), Megaspilidae (Ceraphronoidea), y Figitidae (Cynipoidea), aunque su representación fue muy baja (en conjunto menos del 3% del total de parasitoides colectados N= 31.543).

Del total de especies vegetales creciendo en los bordes, sólo 10 hospedaron en algún momento a especies de pulgones perjudiciales para los cultivos estudiados (Tabla III). Con respecto a la comunidad de áfidos sólo tres especies se asociaron exclusivamente a cultivos, 9 especies se presentaron sólo en la vegetación espontánea y 13 especies se encontraron en ambos subambientes (Tablas II y III). Doce especies de parasitoides pertenecieron a la subfamilia Aphidiinae (Braconidae) y dos a la Familia Aphelinidae. Del total de parasitoides obtenidos (N=31.543) el 59% perteneció a la especie *L. testaceipes*, el 12% a *Aphidius colemani* (Vierck) y el 10% a *Aphidoxys brevicornis* (Haliday). El género de *Aphelinus* Dalman se encon-

tró sólo en el subambiente cultivado, la especie *B. brevicornis* sólo se presentó en la vegetación espontánea, mientras que el resto de los parasitoides se obtuvieron en ambos subambientes.

En los cultivos se registraron 103 interacciones parasitoide-áfido, más de la mitad consti-

tuyen asociaciones nuevas para la región de estudio (Tabla II), ampliándose el rango de hospedadores para todas las especies de Aphidii-nae (ver Tabla II, casilleros sombreados). *Lysiphlebus testaceipes* y *A. colemani* fueron las especies más polípagas (Tabla II).

Tabla II. Matriz de interacciones planta-áfido-parasitoide en cultivos de alfalfa, avena, trigo y colza, registradas en los agroecosistemas de la provincia de Santa Fe (2009-2013). Los casilleros sombreados indican nuevas interacciones parasitoide-áfido.

Cultivo	Especies de áfidos	Especies de parasitoides												
		Ac	Ae	Am	Ap	Ar	Au	Dr	Ep	Pg	Pv	Lt	Apa	Apm
Alfalfa	<i>Acyrtosiphon kondoi</i> (Shinji) ^(b)		X						X					
	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris) ^(b)		X					X				X		
	<i>Aphis craccivora</i> (Koch) ^(b)	X	X					X				X		
	<i>Aphis fabae</i> (Scopoli) ^(b)	X	X									X		
	<i>Aphis gossypii</i> (Glover) ^(b)	X		X								X		X
	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) ^(b)	X	X	X	X			X				X		X
Avena y Trigo	<i>Diuraphis noxia</i> (Mordv.) ^(a)	X	X	X				X				X		
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) ^(b)	X	X	X				X			X	X		
	<i>Metopolophium dirhodum</i> (Walker) ^(a)	X	X	X		X			X	X	X	X		
	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) ^(b)	X	X	X	X			X				X		
	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch) ^(b)	X	X	X				X			X	X		
	<i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) ^(b)	X		X	X	X		X	X		X	X		
	<i>Rhopalosiphum rufiabdominale</i> (Sasaki) ^(b)	X			X							X		
	<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani) ^(b)	X	X	X	X	X		X	X		X	X		
Colza	<i>Sitobion avenae</i> (Fabricius) ^(a)	X	X		X	X	X		X	X	X			
	<i>Brevicoryne brassicae</i> (L.) ^(b)	X	X	X				X				X		X
	<i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (Davis) ^(b)	X					X							
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) ^(b)	X	X	X				X				X	X	
	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) ^(b)	X	X	X				X				X	X	X

Referencias: (a) especies de áfidos encontradas sólo en las plantas cultivadas; (b) especies de áfidos encontradas en el cultivo y la vegetación espontánea. Abreviaciones: Ac=*Aphidius colemani*; Ae=*A. ervi*; Am=*A. matricariae*; Ap=*A. picipes*; Ar=*A. rhopalosiph*; Au=*A. uzbekistanicus*; Dr=*Diaeretiella rapae*; Ep=*Ephedrus plagiator*; Pg=*Praon gallicum*; Pv=*P. volucre*; Lt=*Lysiphlebus testaceipes*; Apa=*Aphelinus abdominalis*; Apm=*A. mali*

Tabla III. Matriz de interacciones planta-áfido-parasitoide en la vegetación marginal a los cultivos de alfalfa, avena, trigo y colza, registradas en los agroecosistemas de la provincia de Santa Fe.

Especies de vegetación espontánea	Especies de áfidos	Especies de parasitoides												
		Ac	Ae	Am	Ap	Ar	Au	Dr	Ep	Pg	Pv	Lt	Bb	
<i>Ammi majus</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Araujia angustifolia</i> (Hook. et Arn.)	<i>Aphis nerii</i> (Boyer de Fonscolombe) ^(c)	X											X	
<i>Araujia brachystephana</i> Griseb	<i>Aphis nerii</i> ^(c)	X											X	
<i>Araujia odorata</i> (Hook. et Arn.)	<i>Aphis nerii</i> ^(c)	X											X	

Especies de vegetación espontánea	Especies de áfidos	Especies de parasitoides												
		Ac	Ae	Am	Ap	Ar	Au	Br	Ep	Pg	Pv	Lt	Bb	
<i>Bidens</i> sp. (L.)	<i>Aphis spiraeicola</i> (Patch) ^(c)	X											X	
<i>Brassica</i> sp. (L.) *	<i>Brevicoryne brassicae</i> ^(b)	X	X	X					X				X	
	<i>Lipaphis pseudobrassicae</i> ^(b)	X						X						
<i>Bowlesia incana</i> (Ruiz & Pav.)	<i>Uroleucon</i> sp. Mordvilko ^(c)								X		X			
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) *	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
	<i>Aphis craccivora</i> ^(b)	X	X						X	X			X	
	<i>Capitophorus carduinus</i> (Walker) ^(c)	X	X										X	
	<i>Cryptomyzus korschelti</i> Börner ^(c)								X					
	<i>Lipaphis erysimi</i> (Kaltenbach) ^(c)	X		X	X	X	X							
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> ^(b)	X	X	X					X		X	X	X	
	<i>Myzus persicae</i> ^(b)	X	X	X	X	X	X		X					
	<i>Myzus</i> sp. (Passerini) ^(c)													X
<i>Cichorium intybus</i> (L.) *	<i>Uroleucon</i> sp. ^(c)								X		X			
	<i>Aphis craccivora</i> ^(b)	X	X						X	X			X	
<i>Conium maculatum</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Dicliptera tweediana</i> (Nees)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Erodium malacoides</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Foeniculum vulgare</i> (Miller)	<i>Dysaphis apiifolia</i> (Theobald) ^(c)								X					
	<i>Hyadaphis foeniculi</i> (Passerini) ^(c)								X					X
<i>Fumaria officinalis</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
	<i>Capitophorus carduinus</i> ^(c)	X	X										X	
<i>Lamium amplexicaule</i> (L.) *	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
	<i>Rhopalosiphum padi</i> ^(b)	X		X		X		X	X			X	X	
	<i>Rhopalosiphum rufiabdominale</i> ^(b)	X											X	
<i>Leonurus sibiricus</i> (L.) *	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
	<i>Capitophorus carduinus</i> ^(c)	X	X										X	
	<i>Lipaphis erysimi</i> ^(c)	X		X	X	X	X							
	<i>Rhopalosiphum padi</i> ^(b)	X		X		X		X	X			X	X	
<i>Matricaria chamomilla</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Muehlenbeckia sagittifolia</i> (Ortega) Meisn	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
	<i>Aphis nerii</i> ^(c)	X											X	
<i>Polygonum convolvulus</i> (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) *	<i>Myzus persicae</i> ^(b)	X	X	X	X	X	X		X					
<i>Rapistrum</i> sp. (Crantz)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X									X	
<i>Salpichroa origanifolia</i> (Lam.)	<i>Lipaphis erysimi</i> ^(c)	X		X	X	X	X							



Especies de vegetación espontánea	Especies de áfidos	Especies de parasitoides											
		Ac	Ae	Am	Ap	Ar	Au	Dr	Ep	Pg	Pv	Lt	Bb
<i>Sida</i> sp. (L.) *	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X										X	
	<i>Aphis craccivora</i> ^(b)	X	X					X	X			X	
	<i>Aphis fabae</i> ^(b)	X										X	
<i>Sphaeralcea bonariensis</i> Griseb	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X								X	
	<i>Aphis spiraeicola</i> ^(c)	X										X	
<i>Taraxacum officinale</i> (Web)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)							X		X			
<i>Trifolium repens</i> (L.) *	<i>Aphis craccivora</i> ^(b)	X	X					X	X			X	
	<i>Acyrtosiphon kondoi</i> ^(b)		X								X		
	<i>Acyrtosiphon pisum</i> ^(b)	X	X					X		X	X	X	
<i>Sorghum halepense</i> (L.) *	<i>Rhopalosiphum maidis</i> ^(b)	X	X	X				X			X	X	
	<i>Schizaphis graminum</i> ^(b)	X	X	X	X	X		X	X		X	X	
<i>Veronica persica</i> Poiret	<i>Lipaphis erysimi</i> ^(c)	X		X	X	X	X						
<i>Verbena bonariensis</i> (L.) *	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X								X	
	<i>Rhopalosiphum padi</i> ^(b)	X		X		X		X	X		X	X	
<i>Verbena</i> sp. (L.)	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	X		X								X	

Referencias: (*) especies de vegetación espontánea que hospedaron alguna especie de áfido plaga para los cultivos estudiados; (b) especies de áfidos encontradas en el cultivo y en la vegetación espontánea; (c) especies de áfidos encontrados sólo en la vegetación espontánea. Abreviaciones: Ac=*Aphidius colemani*; Ae=*A. ervi*; Am=*A. matricariae*; Ap=*A. picipes*; Ar=*A. rhopalosiphii*; Au=*A. uzbekistanicus*; Dr=*Diaeretiella rapae*; Ep=*Ephedrus plagiator*; Pg=*Praon gallicum*; Pv=*P. volucre*; Lt=*Lysiphlebus testaceipes*; Bb=*Binodoxys brevicornis*.

A continuación se presenta una clave ilustrada de parasitoides adultos y otra basada en la morfología de las momias, para identificar especies de afidiinos y afelínidos que pertenecieron a los agroecosistemas de la provincia de Santa Fe.

Clave de parasitoides de áfidos en agroecosistemas de la provincia de Santa Fe (hembras) (ampliada y actualizada de Botto Hernández, 1989)

- 1. -Ala anterior: venación muy reducida y ausencia de pterostigma (Figs. 2 y 3). Antena (Figs. 14 y 15) con 6 flagelómeros; longitud del escapo mayor a la longitud del primer flagelómero (F1) (*Aphelinidae*, *Aphelinus*) **2**
- Ala anterior: venación bien desarrollada y pterostigma presente (Figs. 1, 4-11). Antena (Figs. 12 y 13) con 11 o más flagelómeros; longitud del escapo igual o de menor tamaño que la longitud del primer flagelómero (F1) (*Braconidae*, *Aphidiinae*) **5**
- 2.** -Braquíptero: la punta del ala anterior cuando está en reposo no alcanza el ápice de abdomen *Aphelinus asychis* Walker
- Macróptero: la punta del ala anterior cuando está en reposo sobrepasa el ápice de abdomen **3**
- 3.** -Cuerpo completamente amarillo *Aphelinus subflavescens* (Westwood)

- Cuerpo con manchas oscuras **4**
- 4.** -Escapo de color castaño claro y casi 5 veces más largo que ancho. Tercer flagelómero cuadrado (Fig. 15). Patas de coloración variada, desde totalmente amarillas a moderadamente oscuras. Tórax negro y abdomen amarillo. Celda costal de alas anteriores con una sola fila completa de pelos, la celda ligeramente más corta que la vena marginal (Fig. 2) *Aphelinus abdominalis* (Dalman)
- Escapo casi 4 veces más largo que ancho. Escapo y pedicelo de color negro. Tercer flagelómero sub-cuadrado (Fig. 14). Patas con manchas negras excepto los fémures de color amarillo claro. Celda costal de alas anteriores con dos o más filas completas de pelos, la celda casi tan larga como la vena marginal (Fig. 3) *Aphelinus mali* (Haldeman)
- 5.** -Alas anteriores con tres celdas radiales cerradas (Fig. 1). Antena con 11 flagelómeros ..
..... *Ephedrus plagiator* (Nees)
- Alas anteriores con celdas radiales (Cr1 y Cr2) abiertas (Figs. 4-11). Antena con más de 11 flagelómeros **6**
- 6.** -Vena media desarrollada. Celdas radiales (Cr1 y Cr2) abiertas, no fusionadas con la celda media. Venas interradales muy poco definidas (Figs. 4 y 5). Pecíolo poco desarrollado (*Praon* spp) **7**

-Vena media poco desarrollada o ausente. Celdas radiales y media fusionadas en una sola celda central, abierta o cerrada (Figs. 6-11). Pecíolo bien desarrollado **8**

7. -Antenas con escapo, pedicelo, primero y segundo flagelómeros amarillentos. Antena con 15-16 flagelómeros. Vena intermedia ausente o poco evidente (Fig. 4) *Praon gallicum* Haliday

-Antenas con el primer flagelómero amarillo en la base, el resto de color marrón oscuro, ó, antena con escapo, pedicelo y flagelómeros del mismo color. Antena con 17-18 flagelómeros (raramente 16-20). Vena intermedia evidente (Fig. 5) *Praon volucre* Haliday

8. -Vena intermedia y media ausente (Figs. 6 y 7) ... **9**

-Vena intermedia y media completa o incompleta (Figs. 8-11) **10**

9. -Antena con 10 flagelómeros (Fig.12) *Binodoxys brevicornis* (Haliday)

-Antena con 13-15 flagelómeros (Fig.13) *Diaeretiella rapae* (M'Intosh)

10. -Vena intermedia y media incompletas, solo una pequeña parte de la vena media bajo la vena interradianal presente (Fig. 8). Propodeo sin esculpir (Fig. 22) *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson)

-Vena intermedia y media completas (Figs. 9-11). Propodeo claramente aereolado (*Aphidius* spp) **1**

11. -Área anterolateral del propodeo rugoso sin costillas (Fig. 16). Antena con 17-18 flagelómeros *Aphidius ervi* (Haliday)

-Área anterolateral del propodeo con costillas bien marcadas (Figs. 17-21) **12**

12. -Área anterolateral del propodeo con menos de cinco costillas anchas (Figs. 17 y 18) ... **13**

-Área anterolateral del propodeo con más de cinco costillas finas (Figs. 19-21) **14**

13. -Antena con 15-16 flagelómeros. Las costillas del propodeo paralelas entre sí, con escasa separación en la porción proximal (Fig. 17). Coloración general con extensivos colores amarillos *Aphidius colemani* Vierck

-Antena con 17-18 flagelómeros. Las costillas del propodeo más separadas entre sí en la porción proximal (Fig. 18). Coloración generalmente marrón oscuro *Aphidius picipes* (Nees)

14. -Antena con 14-15 flagelómeros. Palpos maxilares trisegmentados, palpos labiales bisegmentados... *Aphidius matricariae* Haliday

-Antena con 16 flagelómeros o más. Palpos maxilares tetrsegmentados, palpos labiales tri-

segmentados **15**

15. -Antena con 16-17 flagelómeros. Color marrón oscuro excepto por el escapo y pedicelo que son amarillentos. Pterostigma triangular ancho. Metacarpo 1/3 a 1/4 más corto que el pterostigma (Fig. 11). Propodeo marrón, a veces con manchas amarillas (Fig. 20) *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii

-Antena con 17-18 flagelómeros. Pterostigma triangular ancho. Metacarpo largo casi igual al pterostigma (Fig. 10). Antena con escapo, pedicelo y primer y segundo segmento del flagelómero amarillos. Propodeo de color amarillo (Fig. 21) *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani

Clave para identificar parasitoides a través de los indicios en áfidos parasitados (ampliada y actualizada de Botto Hernández, 1989).

1. -Capullo pupal de aspecto algodonoso cuya parte inferior se encuentra adherida a la hoja, parasitoides que pupan fuera del cuerpo del áfido huésped (pupación externa) **2**

-Parasitoide que pupan dentro del áfido, sin formación de capullo. El parasitoide emerge del cuerpo vacío de tegumento endurecido del áfido huésped denominado "momia" (pupación interna), que presenta coloración variada, aspecto globoso o subgloboso y que queda adherida en la superficie de una hoja **3**

2. -Orificio de salida con márgenes regulares, con o sin tapa de salida *Praon* sp.

-Orificio de salida con márgenes irregulares, nunca con tapa de salida Parasitoides secundarios en *Praon* sp.

3. -Momias de color negro **4**

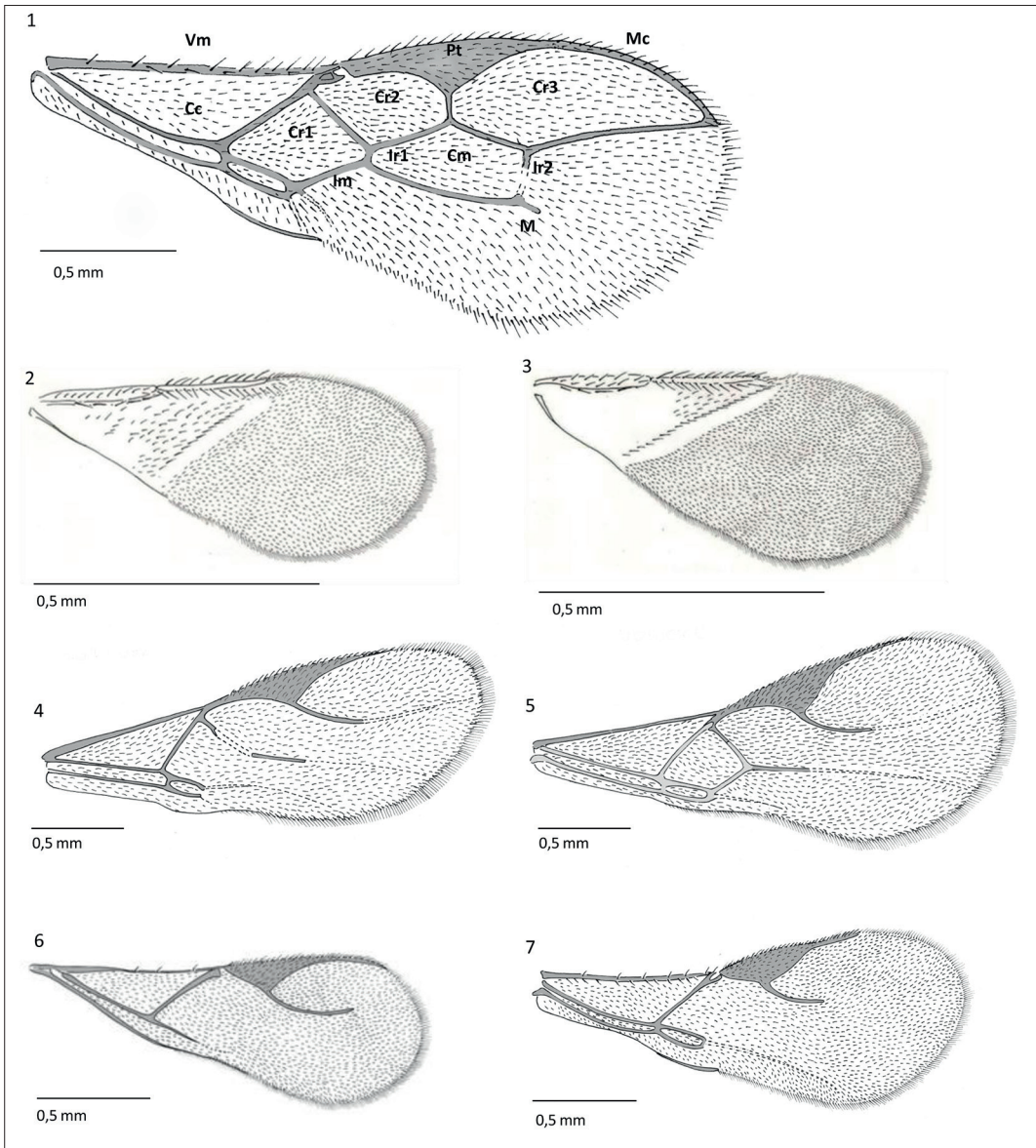
-Momias de color pardo (claro u oscuro) **5**

4. -Forma del cuerpo globoso o subgloboso (proporción Largo/Ancho= 1 a 1,8). Si hay orificio de salida del parasitoide, éste es circular y de bordes regulares, con opérculo localizado en la parte distal de la momia *Ephedrus* spp.

-Forma del cuerpo alargada (proporción Largo/Ancho mayor que 1,8). Orificio de salida del parasitoide localizado en cualquier parte de la momia, con bordes irregulares y generalmente sin opérculo *Aphelinus* spp. y sus parasitoides secundarios

5. -Orificio de salida circular con márgenes de corte regular, con o sin tapa de salida *Aphidius* spp., *Binodoxys brevicornis*, *Diaere-*





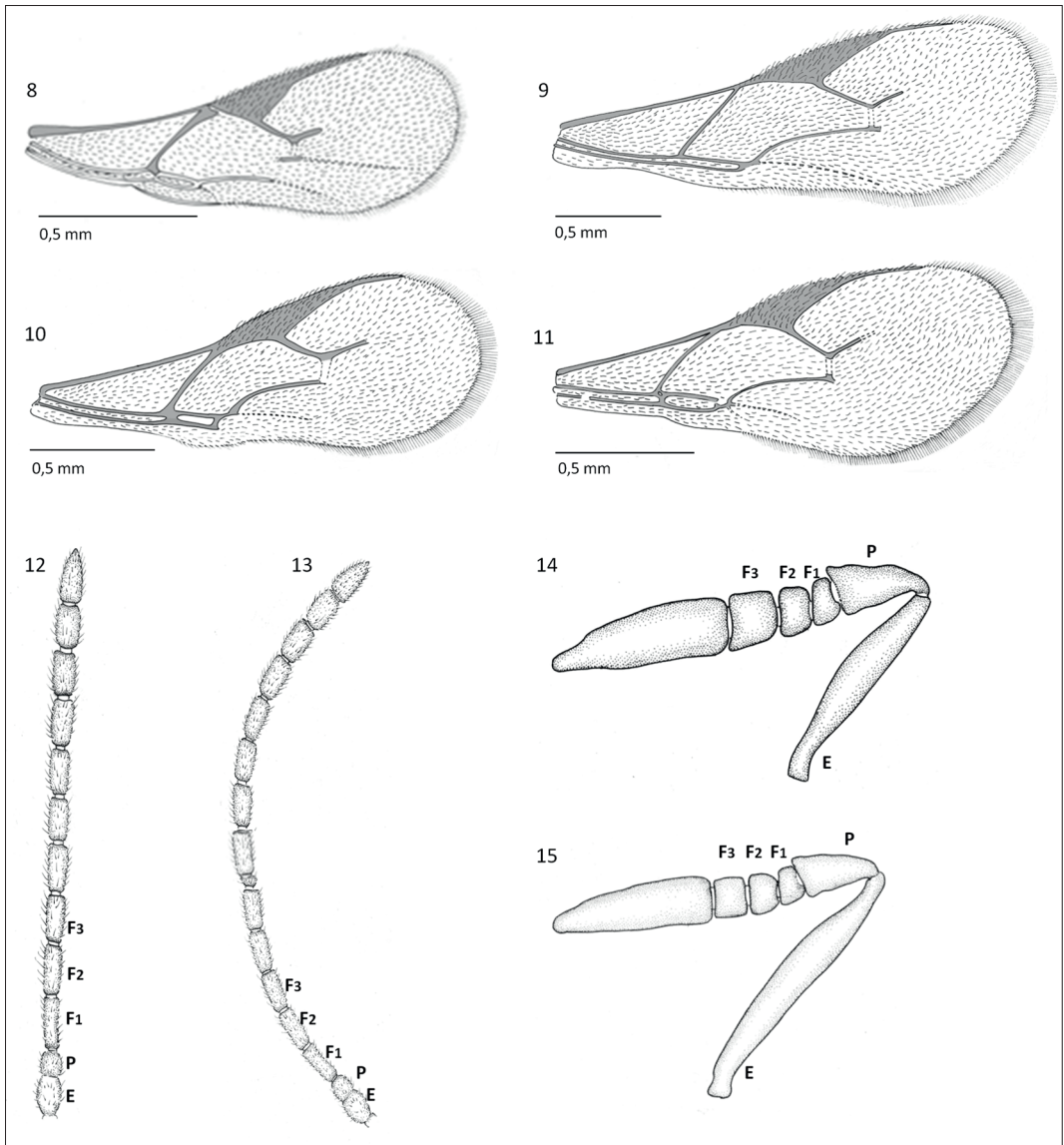
Figs. 1-7. Alas. Abreviaciones utilizadas en las figuras de las alas. **Pt**= pterostigma; **Cc**= celda costal; **Cr**= celda radial (1,2,3); **Cm**= celda media; **M**= vena media; **Vm**= vena marginal; **Ir**=vena interr radial (1, 2); **Im**= vena intermedia; **Mc**=metacarpo. 1, *Ephedrus plagiator*; 2, *Aphelinus abdominalis*; 3, *Aphelinus mali*; 4, *Praon gallicum*; 5, *Praon volucre*; 6, *Binodoxys brevicornis*; 7, *Diaeretiella rapae*.

tiella rapae, *Lysiphlebus testaceipes*, *Praon* sp.
 -Orificio de salida con bordes irregulares
 parasitoides secundarios
 de las especies mencionadas en el dilema 5.

DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran la gran diversidad de interacciones tróficas que se

establecen entre plantas, áfidos y parasitoides en sistemas cultivados y naturales aledaños. La matriz regional de interacciones reveló que 13 especies de áfidos que atacan los cultivos también pueden alimentarse de plantas de crecimiento espontáneo. Esta información es útil desde el punto de vista del manejo, indicando cuáles especies vegetales podrían añadirse si se desea aumentar la diversidad en estos agro-

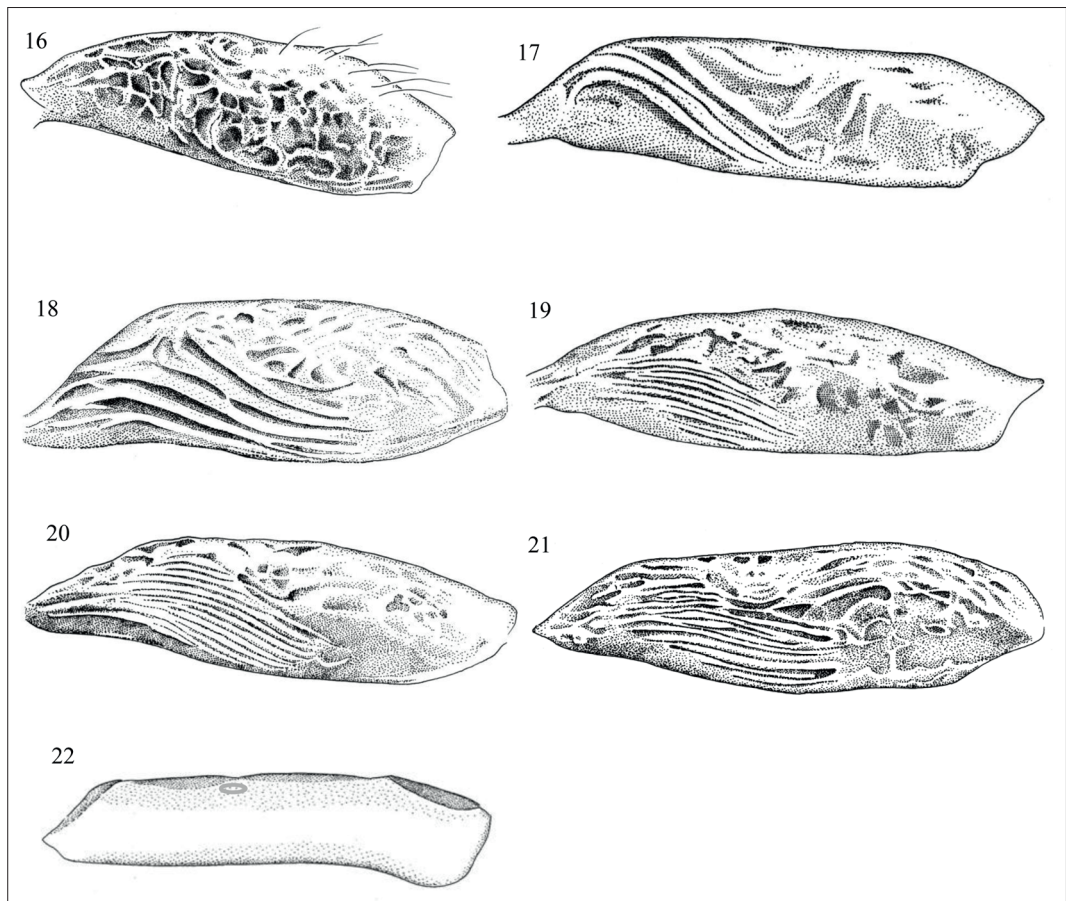


Figs. 8-15. Alas. 8, *Lysiphlebus testaceipes*; 9, *Aphidius ervi*; 10, *Aphidius rhopalosiphii*; 11, *Aphidius uzbekistanicus*. 12, 13, Antenas de parasitoides (sin escala) E= escapo; P= pedicelo; F (1,2,3)= flagelómeros. 12, *B. brevicornis*; 13, *D. rapae*; 14, 15, Antenas de áfidos. 14, *A. ervi*; 15, *A. rhopalosiphii*.

ecosistemas (la llamada “diversidad correcta” Landis *et al.*, 2000; Gurr *et al.*, 2004; Letourneau *et al.*, 2011). La necesidad de conocer los recursos vegetales del agroecosistema que son utilizados por las plagas y por los enemigos naturales es un desafío clave para correctas prácticas de control biológico (Valladares & Salvo, 1999; Lavandero *et al.*, 2006; Hopkinson *et al.*, 2013).

La diversidad de parasitoides encontrada en los cultivos de alfalfa, avena, trigo y colza

fue baja en comparación a los estudios de Völlhardt *et al.*, (2008), que reportan 14 especies sólo atacando áfidos en cultivos de trigo y de Rakhshani *et al.*, (2006) que registran 12 parasitoides asociados a áfidos de alfalfa. La relativa pobreza de la comunidad de parasitoides en la zona de estudio posiblemente se deba a la predominancia que han alcanzado algunas especies generalistas como *L. testaceipes*. Este parasitoides, introducido en 1984 para el




Figs. 16-22. Propodeos (sin escala). 16, *A. ervi*; 17, *A. colemani*; 18, *A. picipes*; 19, *A. matricariae*; 20, *A. uzbekistanicus*; 21, *A. rhopalosiphii*; 22, *L. testaceipes*.

control de *Schizaphis graminum* (Rondani) en cereales, se estableció exitosamente y posiblemente desplazó a las especies nativas como *A. colemani*, *D. rapae*, *Praon* sp., *P. volucre*, *A. asychis* y *A. abdominalis* (Botto *et al.*, 1995). En nuestros resultados, *L. testaceipes* se destacó por la riqueza de hospederos que parasitó, lo cual coincide con lo señalado por Rodrigues *et al.*, (2004) que la incluyen como la especie más importante en Sudamérica asociada a más de 65 especies de áfidos, tanto en agroecosistemas como en ambientes urbanos (Starý *et al.*, 2007). *Aphidius colemani* fue la especie con mayor rango de hospederos, y ha sido considerado como el enemigo natural más eficiente para controlar a áfidos plaga como las especies *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Glover) (van Emden & Harrington, 2007). Por lo tanto, sería beneficioso mantener las poblacio-

nes de este afidiino en los cultivos con miras a disminuir la incidencia de las dos especies de áfidos anteriormente mencionadas.

Para todas las especies de parasitoides de la subfamilia Aphidiinae, principalmente para *A. colemani* y *L. testaceipes*, se registraron numerosas interacciones cuya ocurrencia no había sido detectada anteriormente en la zona de estudio (Tabla II), mientras que las asociaciones de la Familia Aphelinidae ya habían sido mencionadas (Duarte *et al.*, 2012). Otro hallazgo interesante a partir de los resultados obtenidos es que, todas las especies de afidiinos que atacaron áfidos en cultivos (a excepción de *B. brevicornis*) también se asociaron a áfidos en la vegetación espontánea. El número de interacciones tróficas que establecieron los parasitoides con áfidos, desarrollándose en plantas de los bordes, fue sorprendente y representó el 67% de la totalidad de interacciones.

Es de destacar que el 73% de las especies que incluye *L. testaceipes* en su dieta son áfidos que se alimentan en la vegetación de crecimiento espontáneo. Si se considera que más de la mitad de los parasitoides obtenidos pertenecieron a esta especie, se comprende la gran importancia que los bordes poseen en estos agroecosistemas.

Cuatro especies vegetales de crecimiento espontáneo (*Araujia angustifolia* (Hook. et Arn) Steud., *A. brachystephana* Griseb, *A. odorata* (Hook. et Arn) Fontella & Goyder y *Muehlenbeckia sagittifolia* (Ortega) Meisn) consideradas como no invasivas, y que no registran antecedentes de haber sido consideradas como malezas (Wiemer *et al.*, 2011) hospedaron a una única especie de áfido, *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe), especialista de Apocynaceae, y no perjudicial para plantas cultivadas. El potencial de las interacciones que establecen las especies vegetales arriba mencionadas y *A. nerii* para el desarrollo de sistemas de cría abierta de parasitoides, para el control biológico conservativo de áfidos, se ha considerado recientemente (Zumoffen *et al.*  prensa). Finalmente, ya sea para conocer el efecto benéfico o perjudicial de los bordes de vegetación a los cultivos, o para planificar estrategias de control biológico conservativo basados en proveer hospedadores inocuos alternativos a los parasitoides, se destaca la importancia de conocer detalladamente las interacciones tróficas en agroecosistemas basados en la correcta identificación taxonómica de las especies en ellas involucradas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Keith Pike, Washington State University of the United States y al Dr. Petr Stary, Institute of Entomology, Academy of Sciences of the Czech Republic, por el entrenamiento en la identificación de las especies de parasitoides. Zumoffen L. y A. Salvo agradecen a CONICET.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ANDORNO, A. V., S. N. LÓPEZ & E. N. BOTTO. 2007. Asociaciones áfido-parasitoide (Hemiptera: Aphididae, Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) en cultivos hortícolas orgánicos en Los Cardales, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 66: 171-175.

BASIGALUP, D. H. & E. USTARROZ. 2007. Grazing alfalfa systems in the Argentinean Pampas. *En: Proceedings of*

the 37th California Alfalfa and Forage Symposium—Alfalfa: Back to the Basics, Monterey CA., 2007, pp. 53-62.

BLACKMAN, R. L. & V. F. EASTOP. 2006a. *Aphids on the World's Herbaceous Plants Shrubs. Volume. 1. Host List Keys*. John Wiley & Sons, London.

BLACKMAN, R. L. & V. F. EASTOP. 2006b. *Aphids on the World's Herbaceous Plants Shrubs. Volume. 2. The Aphids*. John Wiley & Sons, London.

BOTTO, E. N., C. MONETTI, J. ORTEGO & A. DUCHETTI. 1995. Natural enemies of cereal aphids their potential impact against the russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in Argentina. *Vedalia* 2: 39-40.

BOTTO, E. N. & M. C. HERNÁNDEZ. 1989. Contribución al conocimiento de los enemigos naturales de los áfidos plaga de los cereales en la República Argentina. Claves para la identificación de los áfidos momificados y los parasitoides primarios. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 46: 75-85.

DELFINO, M. A. 1983. Reconocimiento de los pulgones (Homoptera: Aphididae) frecuentes en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la República Argentina. *Revista de Investigación del CIRPON* 3: 123-134.

DUARTE, L., M. CEBALLOS & M. MARTÍNEZ. 2012. *Aphelinus abdominalis* Dalman (Hymenoptera: Aphelinidae): Parámetros biológicos, hospedantes y cultivos asociados. *Revista Protección Vegetal* 27(3): 147-150.

FULBRIGHT, J. L., K. S. PIKE & P. STARY. 2007. A key to North American species of *Trioxys* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), with a summary of the geographic distribution, host, species diagnostic features. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 109: 779-790.

GURR, G. M., S. D. WRATTEN & M. A. ALTIERI. 2004. *Ecological Engineering for Pest Management. Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia.

HOPKINSON, J. E., M. P. ZALUCKI & D. A. H. MURRAY. 2013. Host selection and parasitism behavior of *Lysiphlebus testaceipes*: Role of plant, aphid species and instar. *Biological Control* 64: 283-290.

HOPPER, K. R., J. B. WOOLLEY & K. A. HOELMER. 2012. An identification key to species in the *mali* complex of *Aphelinus* (Hymenoptera, Chalcidoidea) with descriptions of three new species. *Journal of Hymenoptera Research* 26:73-96.

KAVALLIERATOS, N. G., D. P. LYKOURESSIS, G. P. SARLIS, G. J. STATHAS, A. SANCHIS SEGOVIA & C. G. ATHANASSIOU. 2001. The Aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonidae: Braconidae) of Greece. *Phytoparasitica* 4: 306-340.

LANDIS, D. A., S. D. WRATTEN & G. M. GURR. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.

LAVANDERO, B., S. D. WRATTEN, R. K. DIDHAM & G. GURR. 2006. Increasing floral diversity for enhancement of biological control agents: a double-edged sword? *Basic and Applied Ecology* 7: 236-243.

LETOURNEAU, D. K., I. ARMBRECHT, B. S. RIVERA, J. M. LERMA, E. J. CARMONA, M. C. DAZA, S. ESCOBAR, V. GALINDO, C. GUTIÉRREZ, S. D. LÓPEZ, J. L. MEJÍA, A. M. A. RANGEL, J. H. RANGEL, L. RIVERA, C. A. SAAVEDRA, A. M. TORRES & A. R. TRUJILLO. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21: 9-21.

LOHAUS, K., S. VIDAL & C. THIES. 2013. Farming practices change food web structures in cereal aphid-parasitoid-hyperparasitoid communities. *Oecologia* 171: 249-259.

PIKE, K. S., P. STARY, G. GRAF, D. ALLISON, L. BOYDSTON & R. MILLER. 2000. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Northwest USA. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 102: 688-740.

POWELL, W. 1994. Némec and Stary's "Population diversity centre" hypothesis for aphid parasitoids re-visited. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement* 16: 163-169.

RAKHSANI, E., A. A. TALEBI, S. MANZARI, A. REZWANI, &

- H. RAKHSHANI. 2006. An investigation on alfalfa aphids and their parasitoids in different parts of Iran, with a key to the parasitoids (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera: Braconidae; Aphidiinae). *Journal of Entomological Society of Iran* 2: 1-14.
- REHMAN, A. & W. POWELL. 2010. Host selection behavior of aphid parasitoids (Aphidiidae: Hymenoptera). *Journal of Plant Breeding Crop Science* 2: 299-311.
- RODRIGUES, S. M. M., V. H. P. BUENO, M. V. SAMPAIO & M. S. SOGLIA. 2004. Influência da temperatura no desenvolvimento e parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 3: 341-346.
- SMITH, C. F. 1944. *The Aphidiinae of North America (Hymenoptera: Braconidae)*. Contributions in Zoology and Entomology N 6. Ohio State University, Columbus, Ohio.
- STARY, P., M. V. SAMPAIO, & V. H. P. BUENO. 2007. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51: 107-118.
- TAKADA, H. 2001. Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae; Aphelinidae) of four principal pest aphids (Homoptera: Aphididae) on greenhouse vegetable crops in Japan. *Applied Entomology and Zoology* 37(2): 237-249.
- VALLADARES, G. & A. SALVO. 1999. Insect-plant food webs could provide new clues for pest management. *Environmental Entomology* 28: 539-544.
- VAN EMDEN, H. F. & R. HARRINGTON. 2007. *Aphids as Crop Pests*. CABI, Wallingford.
- VOLLHARDT, I. M., T. TSCHARNTKE, F. WÄCKERS, F. BIANCHI & C. THIES. 2008. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126: 289-292.
- WIEMER, A. P., A. N. SÉRSIC, S. MARINO, A. O. SIMOES & A. A. COCUCCHI. 2011. Functional morphology and wasp pollination of two South American asclepiads (Asclepiadoideae-Apocynaceae). *Annals of Botany* 109: 77-93.
- ZUMOFFEN, L., J. TAVELLA, M. SIGNORINI, A. SALVO. *En prensa*. Laboratory and field studies to evaluate the potential of an open rearing system of *Lysiphlebus testaceipes* for the control of *Aphis craccivora* in Argentina. *BioControl*