

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PARASITOIDES (INSECTA: HYMENOPTERA) ATRAÍDOS A FUENTES NATURALES  
Y ARTIFICIALES DE AZÚCARES EN UNA PLANTACIÓN DE CAFÉ  
(*Coffea arabica* L.) SOSTENIBLE

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de  
Posgrado en Biología para optar al grado y título de Maestría Académica en Biología

GLORIA ILIANA VARGAS CAICEDO

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2011

*A mis padres, mi motor y soporte.*

*A la memoria de mis abuelos.*

## **Agradecimientos**

A mi tutor, Paul Hanson y los asesores conformantes de mi comité de tesis, los profesores William Eberhard y Jorge Morera, por su valiosa orientación y apoyo a lo largo del desarrollo de esta investigación. Al profesor Ramón Mexzón por sus aportes a la planeación de este trabajo.

Al ingeniero Tomás Gutiérrez por poner a mi disposición las instalaciones y facilitar mi trabajo en la Hacienda San Ignacio de Palmichal, y al personal de la finca por su colaboración con la logística del trabajo de campo.

A Lorelí Carranza, Danny Vásquez y Bernald Pacheco por la valiosa colaboración y compañía en el trabajo de Campo. A Jeffrey Vásquez por la colecta e identificación de la flora arbórea.

Al profesor Jorge Gómez-Laurito y a Eduardo Chacón por la ayuda con la identificación de las arvenses.

Al Dr. John Noyes por la revisión e identificación de los especímenes de Encyrtidae. A Gilbert Barrantes por su orientación en el análisis estadístico de los datos.

A John Ortiz por la realización del mapa y por su ayuda con el manejo de los datos. Sabrina Amador y Alexander Rodríguez por sugerencias y comentarios.

A mis compañeros y amigos de la 170, y de la Universidad de Costa Rica por su apoyo y por convertir ese lugar en mi segundo hogar durante mi estadía en Costa Rica.

A mi familia en Costa Rica, a mis tíos Lola y Alberto, y a mi primo Alberto y su familia por acogerme en sus hogares, sin ustedes esto hubiera sido imposible.

A Idea Wild por el financiamiento de equipo relacionado con la consecución de esta investigación. Al Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica, por financiamiento relacionado con la compra de materiales.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para para optar al grado y título de Maestría Académica en Biología”



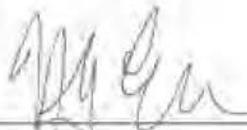
---

M.Sc. Daniel Briceño Lobo  
**Representante de la Decana**  
**Sistema de Estudios de Posgrado**



---

Dr. Paul Hanson Snortum  
**Director de la tesis**



---

Dr. William Eberhard Crabtree  
**Asesor**



---

PhD. Jorge Morera Monge  
**Asesor**



---

M.Sc. Monika Springer  
**Representante del Director**  
**Programa de Posgrado en Biología**



---

Gloria Iliana Vargas Caicedo  
**Candidata**

## Tabla de contenido

Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de aprobación	iv
Tabla de contenido	v
Lista de tablas	vii
Lista de figuras	vii
Prefacio	ix
<b>CAPITULO I. Parasitoides (Insecta: Hymenoptera) atraídos a fuentes naturales y artificiales de azúcares en una plantación de café (<i>Coffea arabica</i> L.) sostenible.</b>	1
Resumen	1
1. Introducción	2
2. Materiales y métodos	3
2.1 Sitio de estudio	3
2.2 Diversidad y abundancia de avispas parasitoides	4
2.3 Captura sobre arvenses y mediante uso de fuentes artificiales de azúcar	5
2.4 Análisis estadísticos	6
3. Resultados	7
3.1 Muestreo con trampa Malaise	7
3.2 Captura mediante el uso de aspersiones	10
3.3 Captura sobre arvenses	13
3.4 Grupos escogidos	15
3.5 Encyrtidae	18

4. Discusión	19
5. Conclusiones y recomendaciones	26
6. Literatura citada	27
<b>CAPITULO II. Relaciones entre la flora acompañante de un cafetal y la abundancia y riqueza de los himenópteros parasitoides que lo habitan.</b>	34
Resumen	34
1. Introducción	35
2. Materiales y métodos	38
2.1 Sitio de estudio	38
2.2 Estudio de la vegetación	38
2.3 Colecta de los himenópteros parasitoides	40
2.4 Análisis estadísticos	40
3. Resultados	42
3.1 Vegetación arvense	42
3.2 Vegetación arbórea	46
3.3 Correlaciones con los himenópteros parasitoides	47
4. Discusión	51
5. Conclusiones y Recomendaciones	55
6. Literatura citada	56
7. Anexo 1. Árboles asociados a una plantación de café sostenible, en Palmichal Costa Rica.	65

## Lista de tablas

Número	Descripción	Página
<b>CAPITULO 1</b>		
Tabla 1.	Número y porcentaje de individuos del orden Hymenoptera capturados en la Hacienda San Ignacio, Palmichal, Costa Rica, con una trampa Malaise	8
Tabla 2.	Número y porcentaje de individuos de la superfamilia Ichenumonoidea capturados en la Hacienda San Ignacio, con trampa Malaise.	9
Tabla 3.	Número de individuos colectados sobre los arbustos de café, mediante uso de aspersiones.	11
Tabla 4.	Preferencias de las avispas parasitoides hacia las aspersiones.	12
Tabla 5.	Himenópteros parasitoides capturados sobre las plantas arvenses.	13
Tabla 6.	Avispas parasitoides (a excepción de los Eulophidae) capturadas sobre las inflorescencias de <i>Bidens pilosa</i> .	15
Tabla 7.	Himenópteros parasitoides capturados con una trampa Malaise, sometidos a un análisis taxonómico más profundo (exceptuando Encyrtidae), debido a su importancia en el control biológico en cafetales.	18
<b>CAPITULO II</b>		
Tabla 1.	Listado de las arvenses asociadas a un cafetal sostenible, en Palmichal Costa Rica	42
Tabla 2.	Correlación de la abundancia y riqueza de la vegetación, con la abundancia y riqueza de los himenópteros parasitoides asociados a una plantación de café.	49

## Lista de figuras

<b>Número</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>CAPITULO I</b>		
Figura 1.	Himenópteros parasitoides capturados sobre las plantas arvenses muestreadas en la Hacienda San Ignacio, A) frecuencia de avispas parasitoides por planta y B) promedio.	14
Figura 2.	Comparación de la distribución de la abundancia de 191 especies de avispas parasitoides, para las capturas con trampa Malaise y sobre aspersiones (A), y las capturas con Malaise y sobre las arvenses (B). El tamaño de cada punto indica el número de veces que se repite cada valor.	17
<b>CAPITULO II</b>		
Figura 1.	Composición de la comunidad de arvenses asociadas a un cafetal sostenible, en Palmichal, Costa Rica.	44
Figura 2.	Familias de arvenses más frecuentes y abundantes, en un cafetal sostenible.	45
Figura 3.	Composición de la flora arbórea y arbustiva asociada a un cafetal sostenible en Costa Rica.	47

## Prefacio

La conservación de enemigos naturales, como componente del control biológico, se enfoca en la implementación de estrategias que protejan y promuevan el bienestar de estos organismos, de manera que ésta se traduzca en un incremento en la regulación de los organismos considerados plaga en el ecosistema de interés (Landis *et al.* 2000, van Emden 2003, Gurr *et al.* 2004, Shearer y Atanassov 2004, Landis *et al.* 2005, Bianchi *et al.* 2006).

Una de las estrategias usadas es la preservación o siembra de arvenses. Esta práctica incrementa la biodiversidad del agro-ecosistema (Altieri y Letourneau 1982, Andow 1991, Schellhorn y Sork 1997, Rebek *et al.* 2005, Prischmann *et al.* 2007), proveyendo a los parasitoides adultos de microclimas adecuados (Dyer y Landis 1997, Orr *et al.* 1997), sitios de refugio y hospederos alternos en época de invierno (especialmente en zonas templadas) (Corbett y Rosenheim 1996), y de suplementos alimenticios (Idris & Grafius 1995, Shearer y Atanassov 2004), entre otros.

Algunos parasitoides adultos visitan diferentes estructuras productoras de néctar, polen y, en menor cantidad, tricomas glandulares, en busca de alimento (Jervis *et al.* 1993), así como excretas azucaradas de homópteros (ligamasa) (Idoine y Ferro 1988). Varios estudios en campo y laboratorio han demostrado que el consumo de sustancias azucaradas tiene efectos positivos en la supervivencia y el éxito de los parasitoides (Jervis *et al.* 1992, Mexzón 1997, Jacob y Evans 1998, Norris y Kogan 2000, Casas *et al.* 2003, Wratten *et al.* 2003, Lee y Heimpel 2008) y por ende, en el efecto de éstos sobre las poblaciones de plagas (Syme 1975, Altieri & Letourneau 1982, Idris y Grafius 1995, Wratten *et al.* 2003, Wäckers 2004, Faria 2005, Gámez-virués *et al.* 2009).

Sin embargo, no siempre los recursos presentes son detectados por los parasitoides, ni son accesibles para éstos. Características como la arquitectura floral (Jervis *et al.* 1993, Patt *et al.* 1997), el color y las claves visuales (Wäckers y Lewis 1994, Begum *et al.* 2004), y los estímulos químicos (Takasu y Lewis 1996), son determinantes en la percepción y el aprovechamiento de los recursos alimenticios. Lo anterior restringe la disponibilidad del néctar para los parasitoides.

Por otro lado, aspersiones de líquidos azucarados han sido usadas también para incrementar la densidad de adultos parasitoides y el parasitismo en diferentes sistemas agrícolas, con resultados contradictorios (Jacob y Evans 1998, Rogers y Potter 2004).

En el caso del cultivo del café se ha encontrado que, además de los efectos positivos que tiene sobre la producción (Beer 1987), el manejo tradicional, que involucra una mayor complejidad florística, promueve la conservación de la biodiversidad, muy importante, por ejemplo, para la abundancia y diversidad de los polinizadores de las flores del café (Karanja *et al.* 2010). Se ha encontrado que los cafetales que implementan este tipo de manejo, funcionan como refugios de organismos encontrados en las áreas adyacentes (Znajda 2000, Hall 2001, Rivera y Armbrrecht 2005). Grupos como las hormigas y las aves, que cumplen un papel importante como depredadores de insectos en varios paisajes agrícolas, se ven favorecidos por el aumento de la complejidad de la vegetación (Perfecto *et al.* 2003, Philpott and Armbrrecht 2006, Van Bael 2008, Vandermeer *et al.* 2008, Philpott *et al.* 2008, Philpott *et al.* 2009).

El manejo tradicional de los cafetales también involucra el uso de agroquímicos para el control de algunas plagas y enfermedades (PAN UK 1998); sin embargo, cada vez más, se implementan prácticas de control biológico en sus diferentes enfoques para el manejo de las plagas y enfermedades del café (PAN UK 1998).

Dentro del control biológico clásico de las plagas de café resalta la introducción, a diferentes regiones productoras de café, de los parasitoides *Prorops nasuta* Waterston, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) (Barrera *et al.* 1990) y *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), provenientes de África, para el control de la broca o barrenador del fruto *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), la plaga más importante, no solo en Centro América, sino a nivel mundial. Los mejores resultados se reportan para el parasitoide *C. stephanoderis* (Barrera *et al.* 1990).

En Costa Rica, el manejo de la broca, se realiza de manera integrada, involucrando varios factores, principalmente preventivos, culturales y biológicos (Borbón 2003,

Rojas 2003). Los parasitoides *P. nasuta* y *P. coffea* han sido introducidos en Costa Rica para el manejo de esta plaga (Borbón 2003).

Igualmente importante es el uso del hongo *Beauveria bassiana* Balsamo (Vuillemin), de muy alta patogenicidad sobre adultos de la broca. Este entomopatógeno es usado en programas de control biológico aumentativo, aislado del ambiente de infecciones naturales, criado en laboratorio y liberado en el agroecosistema también para el control de *H. hampei*. Otros hongos entomopatógenos usados en programas de control biológico aumentativo, son los entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, *Hirsutella eleutheratorum* (Nees) Petch y *Paecilomyces fumoroseus* (Wize) Brown & Smith (Bustillo y Posada 1996). En México también se han usado nemátodos del género *Heterorhabditis* sp., en el control de estados larvales y adultos de la broca, con muy buenos resultados (Barrera *et al.* 1990, Allard y Moore 1989).

Entre las plagas más importantes de café también figuran varias especies de homópteros que afectan las hojas, ramas, tallos, raíces de plantas jóvenes, e inclusive los frutos, por la succión de la savia, debilitando la planta y favoreciendo, en muchos casos, la dispersión de enfermedades. Las escamas más importantes son la escama verde (*Coccus viridis* Green), escama coma (*Lepidosaphes beckii* Newman), escama globosa (*Saissetia hemisphaerica* Targioni), escama del cafeto (*Saissetia coffeae* Walker), escama algodonosa (*Icerya purchasi* Maskell) y la chinche harinosa (*Pseudococcus* sp.). Los parasitoides *Metaphycus stanleyi* Compere, *Metaphycus baruensis* Noyes, *Metaphycus helvolus* Compere y *Diversinervus stramineus* Compere (*Encyrtidae*), se han usado como controladores de estos insectos (Hanson 1991).

El ojo de gallo, causado por el hongo *Mycena citricolor* Berk & Curt, es una de las enfermedades más importantes en Centro América. En Costa Rica se ha usado el hongo *Trichoderma* spp. para el control de esta enfermedad, con éxito limitado (Vargas 1984). Por otro lado, la aparición de la roya anaranjada del cafeto (coffee leaf rust), causado por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br (Basidiomycota: Uredinales), se ha controlado con bacterias endofíticas como *Bacillus lentimorbus* Dutky y *Bacillus cereus* Frank. & Frank (Franco *et al.* 2006).

El minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville (Lyonetiidae), otra plaga importante, es controlada naturalmente en Costa Rica por *Cirrospilus* sp., *Closterocerus* sp. y *Zagrammosoma americanum* Girault (Eulophidae) y *Stiropius* sp. (Braconidae) (Hanson 1991). Igualmente, la cochinilla del cafeto *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), es controlada naturalmente por *Leptomastidea abnormis* y *Leptomastix dactylopii* (Encyrtidae) (Hanson 1991).

A pesar de que algunos estudios resaltan el efecto negativo de las hormigas como herbívoros potencialmente dañinos, y su relación con diversos grupos de homópteros, también considerados plagas importante del café, (González-Hernández *et al.* 1999), muchos otros estudios, enfocados en la conservación de enemigos naturales, destacan el valor de las hormigas como enemigos naturales importantes. Se ha estudiado el papel de especies como *Azteca instabilis* F. Smith (Perfecto & Vandermeer 2002), *Dorymyrmex* spp., *Gnamptogenys sulcata* F. Smith, *Solenopsis* spp, *Tetramorium* sp (Armbrecht 2003), en el control de *Hypothenemus hampei* Ferrari y otras plagas menores, encontrando muy buenos resultados. De igual manera, se ha encontrado que afectan a insectos plaga en el dosel por “acoso”, lo cual se traduce en la caída al suelo y la consecuente depredación por parte de otros enemigos naturales (Way and Khoo 1992, Armbrecht 2003).

El uso de insecticidas de forma indiscriminada en la lucha contra las plagas es una práctica tradicional y necesaria para muchos productores y, aunque arraigada en algunas regiones del mundo, ha ido perdiendo popularidad en los últimos años, debido a todos los efectos adversos que conlleva su uso. Por un lado, el agricultor y el consumidor se ven en riesgo permanente, por contacto directo y por los residuos que se acumulan en los alimentos. Además tienen efectos negativos en el ambiente, tales como la contaminación del agua y la degradación del suelo. Desde el punto de vista de los enemigos naturales, estos se ven afectados más que la misma plaga. Existe una alta presión selectiva sobre esta última, creando resistencia a los insecticidas y, por ende, un aumento en la dosis que debe ser aplicada para su control.

En los casos de control biológico clásico y de control biológico aumentativo, las prácticas enfocadas a la conservación de enemigos naturales, tales como la promoción de las plantas arvenses, pueden resultar positivas al incidir en la presencia

y la permanencia de estos organismos en el agroecosistema, y en su eficiencia en el control de las plagas.

Por todo lo anterior, existe una demanda creciente de la comunidad por productos libres de insecticidas y debido a esto cada vez más agricultores se inclinan por las prácticas de un manejo integrado de plagas, disciplina en la cual la conservación de los enemigos naturales (y con ella la promoción de la vegetación acompañante del cultivo) juega un papel determinante. Por lo tanto, es importante conocer la disponibilidad de néctar de las arvenses, al igual que el efecto de la vegetación arbórea, y de los alimentos artificiales, sobre la abundancia y riqueza de los enemigos naturales presentes en el agroecosistema de interés.

De igual forma, es conveniente conocer qué tanto visitan los parasitoides estas fuentes de azúcar y cuáles son los sesgos de los diferentes grupos, hacia las especies vegetales, especialmente, cuando se desean incorporar estos componentes al planeamiento de sistemas de producción agrícola que busquen un incremento del control biológico, mediante la conservación de los enemigos naturales.

No existen reportes en la literatura de estudios realizados en sistemas cafetaleros que evalúen las preferencias de los diferentes grupos de parasitoides, hacia diversas fuentes de azúcares, y la afluencia de estos enemigos naturales hacia las arvenses asociadas a este agroecosistema.

En el primer capítulo se estudian las diferencias en cuanto a la abundancia y composición taxonómica de los Hymenoptera parasitoides que visitaron fuentes de azúcar naturales sobre plantas arvenses (*Bidens pilosa*, *Chamaesyse hirta*, *Galinsoga quadriradiata*, *Melampodium sp.*, *Spermacoce assurgens* y *Verbena litoralis*), y no naturales mediante uso de atrayentes artificiales (diluciones de azúcar, miel y levadura), en una plantación de café. En el segundo capítulo se evalúa la existencia de relaciones entre una medida de la cobertura y la composición de la vegetación acompañante del cafetal, y la abundancia y composición de la comunidad de avispas parasitoides que lo habitan. Se puso énfasis especial en las arvenses *Bidens pilosa* L. y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav; y el género *Spermacoce*.

Cinco familias de Chalcidoidea (Chalcididae, Mymaridae, Eulophidae, Pteromalidae y Encyrtidae) (representan el 23.6% del total de las avispas parasitoides colectadas en la trampa Malaise; casi un tercio de estos corresponde a Mymaridae), dos subfamilias de Braconidae (Cheloninae y Opiinae) y una subfamilia de Ichneumonidae (Pimplinae), fueron identificadas a un nivel taxonómico más fino, dada la importancia de estos grupos en el control de plagas asociadas al cultivo de café. Se colectaron 23984 avispas parasitoides con la trampa Malaise, 275 con aspersiones y 56 sobre plantas arvenses. Catorce especies que fueron colectadas mediante el uso de aspersiones, o sobre arvenses, representadas por uno o dos individuos, no mostraron representantes en la trampa Malaise. Sin embargo, éste fue un buen método para capturar las avispas parasitoides presentes en el cafetal estudiado, al compararse con las aspersiones y la captura sobre arvenses. Sólo los machos de una especie no identificada de *Metaphycus*, mostraron ser capturados únicamente con las aspersiones. Para 191 especies evaluadas, no existió una correlación entre la abundancia de los individuos colectados en la trampa Malaise y la abundancia de éstas en las capturas con aspersiones, ni sobre las arvenses. Las soluciones de miel y azúcar fueron las más visitadas, al evaluar las preferencias a niveles taxonómicos gruesos. Eulophidae y los mimáridos *Gonatocerus* spp. mostraron preferencias por la solución de levadura. Aunque no se observó avispas consumiendo el néctar floral de las plantas muestreadas, se supone que la presencia de éstos en las plantas indica afinidad por los recursos florales, especialmente en el caso de *B. pilosa*, que fue la planta en la cual se capturó el mayor número de avispas parasitoides.

En general, se presentaron pocas correlaciones positivas significantes (correlaciones simples no paramétricas) entre la abundancia y riqueza de diferentes taxa de avispas parasitoides capturadas con una trampa Malaise y la abundancia y riqueza de las plantas arvenses cercanas. Sin embargo, se encontraron altas correlaciones positivas entre la cobertura de las plantas de la familia Asteraceae y de la planta *B. pilosa* con la abundancia de Ichneumonidae. La abundancia de Opiinae estuvo fuertemente correlacionada con la riqueza de las arvenses en conjunto, y también con la abundancia de la planta *G. quadriradiata*. La abundancia del encrítido *Lamennaisia ambigua* también estuvo correlacionada con la abundancia de *G. quadriradiata*. La abundancia de *Pimpla* cf. *punicipes* mostró una alta correlación positiva con la abundancia de las arvenses en conjunto.

No se encontró ninguna correlación entre la abundancia y riqueza de las plantas arbóreas con los diferentes grupos de avispas parasitoides. *Bidens pilosa* y *Galinsoga quadriradiata* mostraron correlaciones positivas con algunos grupos de avispas parasitoides, y por lo tanto, potencial para ser usadas en programas de conservación de enemigos naturales. Es probable que algunos de estas avispas parasitoides visiten las arvenses en busca de los recursos alimenticios presentes en las inflorescencias de estas plantas. Sin embargo, es necesario estudiar más a fondo el efecto de la estación del año en la abundancia de las arvenses melíferas y en consecuencia en la abundancia y composición de los himenópteros parasitoides aquí estudiados. Además, son necesarios estudios comportamentales más específicos que permitan verificar si el néctar de las inflorescencias de estas arvenses es usado como fuente de alimento. También es necesario evaluar si estas plantas tienen un efecto sobre otros grupos de insectos, como herbívoros de importancia económica en el cafetal.

### **Literatura citada**

Allard GB & D. Moore. 1989. *Heterorhabditis* sp. nematodes as control agents for the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Scolytidae). J. Invertebr. Pathol. 54, 45-48.

Altieri M.A. & D.K. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection 1: 405-430.

Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Ann. Rev. Entomol. 36: 561-586.

Armbrecht, I. 2003. Diversity and function of leaf litter ants in Colombian coffee agroecosystems. Ph.D. Tesis. School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, Ann Arbor.

Barrera, J. F., Moore, D., Abraham, Y.J., Murphy, S. T. & Prior, C. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Mexico and possibilities for further action. In Proceedings of the Brighton Crop. Prot. Conf. – Pests and Diseases 1: 391-396.

Beer, J. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5: 3-13.

Begum, M., G. M. Gurr, S. D. Wratten & H. I. Nicol. 2004. Flower color affects tri-trophic-level biocontrol interactions. *Biological Control* 30: 584-590.

Bianchi, F.J.J.A., C., J. H, Booij CJH, & T. Tscharntke. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *P Roy Soc Lond B Biol Sci.* 273: 1715–27.

Borbón, O. 2003. El uso de parasitoides para control de la broca. Boletín informativo. ICADE. Año 4, Número 1. San José, Costa Rica.

Bustillo, A. E. & F. J. Posada. 1996. El uso de entomopatógenos en el control de la broca del café en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 42: 1-13.

Casas, J., G. Driessen, N. Mandon, S. Wielaard, E. Desouhant, J.V. Alphen, L. Lapchin, A. Rivero, J.P. Christides & C. Bernstein. 2003. Energy dynamics in a parasitoid foraging in the wild. *J. Animal Ecol.* 72: 691-697.

Corbett, A. & J.A. Rosenheim. 1996. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecol. Entomol.* 21:155-164.

Dyer, L.E. & D.A. Landis. 1997. Influence of noncrop habitats on the distribution of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cornfields. *Environ. Entomol.* 26: 924-932.

Faria, C. 2005. The nutritional value of aphid honeydew for parasitoids of lepidopteran pests. Ph. D. Thesis. Neuchatel, Switzerland. 121 p.

Franco, H. H. S. Alves-Silva, I. Soares de Melo, F. Vieira-Nunes & W, Bettiol. 2006. Bioprospecting endophytic bacteria for biological control of coffee leaf rust. *Sci. agric.* 63(1): 32-39.

Gámez-Virués S., G. Gurr, A. Raman, J. La Salle & H. Nicol. 2008. Effects of flowering groundcover vegetation on diversity and activity of wasps in a farm shelterbelt in temperate Australia. *BioControl* 54: 211-218.

González-Hernández, H., M. W. Johnson, & N. J. Reimer. 1999. Impact of *Pheidole megacephala* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) on the biological control of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae). *Biol. Control* 15: 145-152.

Gurr, G. M., S. D. Wratten, J. Tylianakis. 2004. Providing plant foods for insect natural enemies in farming systems: balancing practicalities and theory. En: Wäckers FL, P. C. J. van Rijn & J. Bruin (Eds). *Plant-derived food and plant-carnivore mutualism*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hall, S. 2001. *Biodiversity Conservation in Agroecosystems: A comparison of surface-dwelling beetle diversity in various shade coffee production systems in Costa Rica*. MES Major Paper, Faculty of Environmental Studies, York University, Toronto.

Hanson, P. 1991. Los parasitoides asociados al cafeto en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (C.R.)* 20-21:8-10

Idoine, K. & D. N. Ferro. 1988. Aphid honeydew as a carbohydrate source for *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae). *Environ. Entomol.* 17: 941-944.

Idris, A.B. & E. Grafius. 1995. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of Diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environ. Entomol.* 24: 1726-1735.

Jacob, H.S. & E.W. Evans. 1998. Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 27: 1563-1568.

Jervis, M.A., N.A.C. Kidd, M.G. Fitton, T. Huddleston & H.A. Dawah. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *J. Nat. Hist.* 27: 67-105.

- Jervis, M.A., N.A.C. Kidd & M. Walton. 1992. A review of methods for determining dietary range in adult parasitoids. *Entomophaga* 37: 365-574.
- Landis, D.A., S.D. Wratten & G.M. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Ann. Rev. Entomol.* 45: 175-201.
- Landis, D. A., F. D. Menalled, A. C. Costamagna & T. K. Wikinson. 2005. Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science*, 53: 902-908.
- Karanja, R.H.N., G.N. Njoroge, M.W. Gikungu & L.E. Newton. 2010. Bee interactions with wild flora around organic and conventional coffee farms in Kiambu District, Central Kenya. *Journal of Pollination Ecology* 212(2): 7-12.
- Lee, J. C. & G.E. Heimpel. 2008. Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity. *BioControl* 53: 289-294.
- Mexzón, R. 1997. Pautas de manejo de las malezas para incrementar las poblaciones de insectos benéficos en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin). *Agron. Mesoamericana* 8: 21-32.
- Norris, R.F. & M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Sci.* 48: 94-158.
- Orr, D.B., D.A. Landis, D.R. Mutch, G.V. Manley, S.A. Stuby & R.L. King. 1997. Ground cover influence on microclimate and *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) augmentation in seed corn production. *Environ. Entomol.* 26: 433-438.
- PAN-UK. Pesticide Action Network UK. 1998. Growing coffee with IPM, PMN No. 9. <http://www.pan-uk.org/archive/Internat/IPMinDC/pmn9.pdf>. Tomado de internet: Julio 25 de 2011.

Patt, J. M., G. C. Hamilton & J. H. Lashomb. 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. *Entomología Experimentalis et Applicta* 83: 21-30.

Perfecto, I. & J. Vandermeer. 2002. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology* 16: 174-182.

Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch & J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239-1252.

Philpott, M.S. & I. Armbrecht . 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31: 369-377.

Philpott, M. S., I. Perfecto & J. Vandermeer. 2008. Effects of predatory ants on lower trophic levels across a gradient of coffee management complexity. *Journal of Animal Ecology* 77: 505 – 511.

Philpott, M.S. , O. Soong, J.H. Lowenstein, A.L. Pulido, D. Tobar, D.F.B. Flynn & F. DeClerck. 2009. Functional richness and ecosystem services: bird predation on arthropods in tropical agroecosystems. *Ecological Applications* 19(7): 1858-1867.

Prischmann, D.A., D.G. James, D.P. Storm, L.C. Wright, W.E. Snyder. 2007. Identity, abundance, and phenology of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) associated with grape, blackberry, and wild rose in Washington State. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100: 41-52.

Rebek, E.J., C.S. Sadof & L.M. Hanks. 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. *Biol. Control* 33: 203-216.

Rivera, L. & I. Armbrrecht. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1): 89-96.

Rogers, M.E. & D.A. Potter. 2004. Potential for sugar sprays and flowering plants to increase parasitism of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) by tiphiid wasps (Hymenoptera: Tiphidae). *Environ. Entomol.* 33: 619-626.

Rojas, B. 2003. El manejo de la broca. Boletín informativo. ICADE. Año 4, Número 1. San José, Costa Rica.

Schellhorn, N.A. & V. L. Sork. 1997 The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Oecologia* 111, 233-240.

Shearer P. W. & A. Atanassov. 2004. Impact of peach extrafloral nectar on key biological characteristics of *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.* 97(3):789-792.

Syme, P.D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. *Environ. Entomol.* 4: 337-346.

Takasu, K., W.J. Lewis 1996. The role of learning in adult food location by the larval parasitoid, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Behavior* 9: 265–281.

Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch & J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239-1252.

van Emden HF. 2003. Conservation biological control: from theory to practice. In: *Proceedings of the International Symposium on Biological Control of Arthropods*; 14–18 En 2002; Honolulu, Hawaii. Morgantown, WV: USDA Forest Service.

Vargas, E. Interacción de tratamiento biológico y químico en el combate del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el café. *Agronomía Costarricense* 8 (2): 91-97.

Way M. J. & K. C. Khoo. 1992. Role of ants in pest management. *Annu. Rev. Entomol* 37: 479-503.

Wäckers, F.L., W.J. Lewis, 1994. Olfactory and visual learning and their combined influence on host site location by the parasitoid *Microplitis croceipes* (Cresson). *Biological Control* 4: 105-112.

Wäckers, F. L. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoids food source: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biol. Control* 29: 307-314.

Wratten S.D., B. I. Lavandero, J. Tylianakis, D. Vattala, T. Cilgi & R. Sedcole. 2003. Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity. *New Zealand Plant Prot.* 56: 239-245.

Znajda, S.K. 2000. Hábitat conservación, avian diversity, and coffee agrosystems in southern Costa Rica. MSc Thesis. York University. 144p.

## **CAPITULO 1. Parasitoides (Insecta: Hymenoptera) atraídos a fuentes naturales y artificiales de azúcares en una plantación de café (*Coffea arabica* L.) sostenible.**

### **Resumen**

Varios estudios, en campo y laboratorio, han demostrado que el consumo de sustancias azucaradas tiene efectos positivos en la supervivencia y en el éxito de los parasitoides. Una manera de proveer de fuentes alimenticias a los parasitoides adultos es promover la preservación o siembra de arvenses dentro del cultivo. Se estudiaron las diferencias en cuanto a la abundancia y composición taxonómica de los Hymenoptera parasitoides que visitaron fuentes de azúcar naturales sobre plantas arvenses (*Bidens pilosa*, *Chamaesyse hirta*, *Galinsoga quadriradiata*, *Melampodium sp.*, *Spermacoce assurgens* y *Verbena litoralis*), y no naturales mediante uso de atrayentes artificiales (diluciones de azúcar, miel y levadura), en una plantación de café. Se compararon estas capturas con los himenópteros parasitoides colectados con una trampa Malaise. Cinco familias de Chalcidoidea (Chalcididae, Mymaridae, Eulophidae, Pteromalidae y Encyrtidae) (representan el 23.6% del total de las avispas parasitoides colectadas en la trampa Malaise; casi un tercio de estos corresponde a Mymaridae), dos subfamilias de Braconidae (Cheloninae y Opiinae) y una subfamilia de Ichneumonidae (Pimplinae), fueron identificadas a un nivel taxonómico más fino, dada la importancia de estos grupos en el control de plagas asociadas al cultivo de café. Se colectaron 23984 avispas parasitoides con la trampa Malaise, 275 con aspersiones y 56 sobre plantas arvenses. Catorce especies que fueron colectadas mediante el uso de aspersiones, o sobre arvenses, representadas por uno o dos individuos, no mostraron representantes en la trampa Malaise. Sin embargo, éste fue un buen método para capturar las avispas parasitoides presentes en el cafetal estudiado, al compararse con las aspersiones y la captura sobre arvenses. Sólo los machos de una especie no identificada de *Metaphycus*, mostraron ser capturados únicamente con las aspersiones. Para 191 especies evaluadas, no existió una correlación entre la abundancia de los individuos colectados en la trampa Malaise y la abundancia de éstas en las capturas con aspersiones, ni sobre las arvenses. Las soluciones de miel y azúcar fueron las más visitadas, al evaluar las preferencias a niveles taxonómicos gruesos. Eulophidae y los mimáridos *Gonatocerus* spp. mostraron

preferencias por la solución de levadura. Aunque no se observó avispas consumiendo el néctar floral de las plantas muestreadas, se supone que la presencia de éstos de éstos en las plantas indica afinidad por los recursos florales, especialmente en el caso de *B. pilosa*, que fue la planta en la cual se capturó el mayor número de avispas parasitoides.

## 1. Introducción

El impacto de los parasitoides sobre las poblaciones de sus hospederos depende, entre otros factores, de su longevidad, fecundidad y de la capacidad de búsqueda y localización del hospedero.

Algunos parasitoides adultos visitan las plantas arvenses y la flora arbórea en busca de diferentes estructuras productoras de néctar, polen y, en menor cantidad, tricomas glandulares, para alimentarse (Jervis *et al.* 1993), así como excretas azucaradas de homópteros (Idoine y Ferro 1988). Varios estudios de campo y laboratorio han demostrado que el consumo de sustancias azucaradas tiene efectos positivos en la supervivencia y el éxito de los parasitoides (Jervis *et al.* 1992, Mexzón 1997, Jacob y Evans 1998, Norris y Kogan 2000, Casas *et al.* 2003, Wratten *et al.* 2003, Lee y Heimpel 2008) y por ende, en el efecto de éstos sobre las poblaciones de plagas (Syme 1975, Idris y Grafius 1995, Faria 2005, Gámez-Virués *et al.* 2009).

En monocultivos, la ausencia de recursos florales puede afectar el establecimiento y la permanencia de los enemigos naturales. Una manera de proveer de fuentes alimenticias a los parasitoides adultos es promover la preservación o siembra de arvenses dentro del cultivo, o en franjas, o en los alrededores de éste (Lee *et al.* 2006, Roltsch *et al.* 2008, Gámez-Virués *et al.* 2009). Por otro lado, se han utilizado aspersiones de líquidos azucarados para incrementar la densidad de adultos parasitoides, y así el parasitismo, en diferentes agro-ecosistemas, sin embargo, han dado resultados contradictorios (Jacob y Evans 1998, Rogers y Potter 2004).

La accesibilidad a las fuentes naturales de alimento por parte de los parasitoides está limitada no sólo por la disponibilidad de éstos (Koptur 1992, Langenberger y Davis

2002, Lee y Heimpel 2002), sino también por su detectabilidad (Begum *et al.* 2004), y por factores inherentes a los mismos parasitoides (i.e. la morfología del aparato bucal), que imposibilita a algunos grupos aprovechar los nutrientes en el néctar floral (Jervis 1998).

No existen reportes en la literatura de estudios realizados en cafetales que evalúen las preferencias de los diferentes grupos de avispas parasitoides, hacia diversas fuentes de azúcares, y la afluencia de estos enemigos naturales hacia las arvenses asociadas a este agro-ecosistema. La evaluación de estos factores es fundamental para determinar las preferencias de los diferentes grupos de avispas parasitoides, y así diseñar estrategias de manejo de las arvenses, en la implementación del control biológico a través de la conservación de los enemigos naturales (de aquí en adelante será descrito como “conservación”).

Esta investigación examina las diferencias en cuanto a la abundancia y composición taxonómica de los Hymenoptera parasitoides que visitaron fuentes de azúcar naturales y no naturales, en una plantación de café. Igualmente, se evalúa el uso de suplementos alimenticios como atrayentes artificiales de avispas parasitoides asociados a este tipo de plantaciones, evaluando qué tan atractivas son estas soluciones en términos de la frecuencia en las visitas a las fuentes de alimento. De esta manera se determina si existen sesgos en los diferentes grupos, hacia las diferentes fuentes de alimento. Por primera vez, se comparan las capturas obtenidas sobre las plantas arvenses, y las capturas obtenidas mediante uso de atrayentes artificiales, con los himenópteros parasitoides colectados con una trampa Malaise.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1 Sitio de estudio**

El estudio se llevó a cabo entre los meses de julio de 2007 y junio de 2008, en ocho lotes (sitios) de la Hacienda San Ignacio (Palmichal, San José, Costa Rica), una plantación de café de tres años, con certificación de “Café sostenible” (MAG 2002) de Rainforest Alliance. La hacienda tiene una extensión total de cerca de 250 ha., y

aproximadamente 150 de éstas están sembradas de café. Los lotes muestreados tenían una extensión promedio de 2 ha., y se encuentran ubicados entre 1200 y 1390 msnm. La mayoría de los lotes se encuentran muy alejados entre sí (por encima de 178 m), sólo dos de ellos están relativamente cercanos (85 m). Las distancias entre los lotes fueron medidas con el programa ArcGis 9.3, después de tener los puntos geo-referenciados.

## **2.2 Diversidad y abundancia de avispas parasitoides**

Una trampa Malaise (tipo Townes, Marris House) fue instalada en cada lote de muestreo, en el centro de éste, por un mes, y alejada de las especies de sombra. Cada mes la trampa fue alternada entre los diferentes lotes, y la botella colectora de los insectos (con alcohol al 70%) fue cambiada cada 15 días.

En el laboratorio las muestras fueron separadas en superfamilias, usando tamices, y los himenópteros parasitoides fueron identificados hasta el nivel máximo posible según el grupo. En cinco familias de Chalcidoidea (Chalcididae, Mymaridae, Eulophidae, Pteromalidae y Encyrtidae), dos subfamilias de Braconidae (Cheloninae y Opiinae) y una subfamilia de Ichneumonidae (Pimplinae), se identificaron a un nivel más fino (ver Tabla 7), dada la importancia de estos grupos en el control de plagas asociadas al cultivo de café (Hanson y Gauld 2006, Waller *et al.* 2007), y debido también a que fueron capturados sobre las arvenses, y/o con el uso de aspersiones (ver más adelante). Se identificó cada morfotipo por separado. A pesar de ser Microgastrinae (Braconidae) un grupo muy importante en el control biológico en cafetales, no se profundizó en la identificación de los especímenes pertenecientes a esta sub-familia, dado el alto grado de dificultad que esto conlleva. Las identificaciones se realizaron siguiendo las claves Hanson y Gauld 2006, y las allí recomendadas para la identificación de los diferentes grupos. Los encértidos fueron enviados al Dr. John Noyes en el Museo de Historia Natural en Londres.

### 2.3 Captura sobre arvenses y mediante uso de fuentes artificiales de azúcar

Arvenses pertenecientes a seis especies, sugeridas en la literatura como melíferas (Nilson-Laurito *et al.* 2005), y alguna de ellas para uso en conservación de enemigos naturales (Mexzón 1997, Damon *et al.* 1999, Sivinski *et al.* 2006) (*Bidens pilosa* L., *Chamaesyse hirta* (L.) Millsp., *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav., *Melampodium perfoliatum* (Cav.) Kunth, *Spermacoce assurgens* y *Verbena litoralis* Kunth), fueron muestreadas cubriéndolas rápidamente desde arriba con una bolsa plástica transparente, y después sacudiéndolas durante cinco segundos. Sólo fueron muestreadas plantas con flores y con una altura aproximada de 30 a 35 centímetros. Los himenópteros parasitoides atrapados en la bolsa fueron extraídos inmediatamente con un aspirador bucal, puestos en alcohol al 70% y llevados al laboratorio para su identificación, teniendo en cuenta la identidad de la planta. En cada lote (8) se muestrearon todas las plantas de cada especie, encontradas durante una hora. En algunos lotes no fue posible encontrar todas las especies arvenses listadas. *Chamaesyse hirta* fue encontrada solamente en el último lote muestreado.

Adicionalmente, en cada lote, se asperjaron diluciones frescas de azúcar de mesa (100 gr de azúcar/1L agua), miel (50 ml de miel/ 950 ml agua) y levadura *Torula* (10 gr de levadura/1gal de agua) sobre el follaje de los arbustos de café (20 aspersiones por cada arbusto, cinco arbustos para cada tratamiento, ubicados en la misma línea de siembra), a aproximadamente 1 m de altura. Cada tratamiento fue separado al menos por 30 metros. Estas aspersiones se realizaron durante las primeras horas de la mañana. Las soluciones de agua, azúcar y miel fueron utilizadas en ocho lotes, mientras la de levadura solamente en cuatro sesiones. Una hora después de asperjar el primer arbusto, se realizaron pases con red entomológica sobre cada arbusto asperjado (10 pases de red por cada arbusto), siguiendo el mismo orden de las aspersiones. Se realizaron como controles, aspersiones con agua sobre otros cinco arbustos de café. Los insectos capturados fueron expuestos a acetato de etilo, todavía dentro de la red. Después, las avispas parasitoides fueron puestas en alcohol al 70%. El laboratorio, los parasitoides fueron separados e identificados, según los mismos criterios de identificación aplicados para los capturados en la trampa Malaise.

Se realizaron mediciones del ancho del tórax y de la cabeza de las avispas parasitoides (exceptuando los de la familia Eulophidae) que fueron capturadas sobre *Bidens pilosa*, y del espacio entre el estilo y los pétalos de las flores de esta planta (espacio para el acceso a los nectarios florales por parte de las avispas parasitoides).

Una colección representativa, de los diferentes grupos recolectados, fue depositada en el Museo de Zoología de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, y en la Colección de Insectos del Instituto Smithsonian en Panamá.

## 2.4 Análisis estadísticos

Las comparaciones entre los diferentes tipos de aspersiones se realizaron con los promedios de individuos por sesión de colecta, para hacer comparables los resultados. Así por ejemplo, el número de individuos colectados con la solución de miel fue dividido por un factor de ocho (la solución de miel fue usada en ocho sesiones de colecta), mientras que el número de individuos capturados con la solución de levadura fue dividido por un factor de cuatro (usada en cuatro sesiones de colecta).

Se realizó un test de Kruskal Wallis de una vía, tras comprobar (test de Chi cuadrado) que no existe interacción entre los factores involucrados (*sitio* y *aspersión*), con el programa STATISTICA<sup>®</sup>, para identificar si había diferencias significativas entre la riqueza (número de taxa) y el número de individuos capturados con las aspersiones, para los diferentes grupos de avispas parasitoides. Se realizaron pruebas post Hoc (comparaciones múltiples de los rangos medios) (siguiendo a Siegel y Castellan 1988) cuando se encontraron diferencias entre las capturas obtenidas con los diferentes tipos de aspersión.

A nivel de familia (y categorías taxonómicas más finas), los resultados corresponden sólo a las especies capturadas que son de importancia económica en el cafetal (ver sección 2.3). Por ejemplo, de Braconidae sólo se incluye aquellos de las subfamilias Microgastrinae, Cheloninae y Opiinae.

Para las capturas realizadas sobre las plantas arvenses, se obtuvo el número promedio de avispas parasitoides capturadas y la frecuencia de colecta, para cada

especie de planta. Los datos fueron analizados mediante pruebas Kruskal-Wallis de una vía y Chi cuadrado respectivamente. Se realizaron Pruebas post Hoc (comparaciones múltiples) cuando se encontraron diferencias entre las capturas obtenidas para las especies de arvenses evaluadas.

Se evaluó la diferencia en la distribución del número de individuos capturados mediante los diferentes métodos utilizados, con el test de Friedman, para las todas las especies en conjunto, y para aquellas que fueron muy abundantes en la trampa Malaise y sin embargo no fueron capturados con los otros dos métodos; y aquellos grupos que sólo se encontraron sobre las arvenses y/o que sólo fueron capturadas mediante las aspersiones. Para esto se utilizó el número de individuos corregido por lote (i.e. proporción de número de individuos capturados con cada método, para cada lote muestreado). Cuando se encontraron diferencias en la distribución se realizó una prueba de Wilcoxon pareada (i.e. número de individuos capturados con la trampa Malaise vs capturados con las aspersiones; número de individuos capturados con la trampa Malaise vs capturados sobre las arvenses, número de individuos capturados con las aspersiones vs capturados sobre las arvenses), para cada taxón evaluado. Se realizaron correlaciones de Spearman con el programa PAST (Hammer 2001), entre las capturas de la trampa Malaise y las aspersiones; la trampa Malaise y las arvenses.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Muestreo con trampa Malaise**

Se colectaron 23984 avispas parasitoides del Orden Hymenoptera, pertenecientes a 27 familias (Tabla 1), con la trampa Malaise. De éstos, Ichneumonidae fue la familia más abundante con 6822 individuos (28.4%), seguida por Braconidae con 4360 individuos (18.2%) y Mymaridae con 2255 (9.4%).

De la familia Ichneumonidae 1473 individuos (21.6%) pertenecen a la subfamilia Campopleginae, seguida por Orthocentrinae con 944 individuos (13.8%). La subfamilia Pimplinae, está representada sólo por 362 individuos (5.3%), en su gran mayoría del

género *Pimpla* (71.6%). Para Braconidae, 2632 individuos (60.4%) pertenecen a la subfamilia Microgastrinae. Opiinae y Cheloninae, subfamilias de importancia en el control de plagas en cafetales. Representan el 11. 5% (503 individuos) y 5.4% (234 individuos) respectivamente. La subfamilia Cheloninae se encuentra representada principalmente por el género *Chelonus* (subgénero *Microchelonus*) y Opiinae por el género *Opius* (Tabla 2).

**Tabla 1. Número y porcentaje de individuos del orden Hymenoptera capturados en la Hacienda San Ignacio, Palmichal, Costa Rica, con una trampa Malaise.**

<b>Familia</b>	<b>No. Individuos</b>	<b>Porcentaje</b>
Ichneumonidae	6822	28.4
Braconidae	4360	18.2
Mymaridae	2255	9.4
Scelionidae	2166	9.0
Figitidae	1682	7.0
Eulophidae	1517	6.3
Diapriidae	957	3.9
Encyrtidae	649	2.7
Pteromalidae	662	2.8
Platygastridae	623	2.6
Bethylidae	602	2.5
Chalcididae	585	2.4
Perilampidae	238	0.9
Eupelmidae	189	0.8
Ceraphronidae	137	0.6
Drynidae	127	0.5
Eurytomidae	123	0.5
Torymidae	60	0.3
Aphelinidae	38	0.2
Signiphoridae	36	0.2
Gasteruptiidae	35	0.2
Agaonidae	26	0.1
Evaniidae	24	0.1
Megaspilidae	24	0.1
Trichogrammatidae	23	0.1
Eucharitidae	16	0.1
Proctotrupidae	8	0.03
<b>Total</b>	<b>23984</b>	

Las familias de Chalcidoidea escogidas para un análisis taxonómico más fino, dada su importancia en el control de plagas de café (Chalcididae, Encyrtidae, Eulophidae,

Mymaridae y Pteromalidae), se encuentran bien representados en el cafetal evaluado, con el 23.6 % del total de individuos colectados en la trampa Malaise. Casi un tercio de estos corresponde a Mymaridae. Los géneros más abundantes son *Gonatocerus*, comprendiendo el 80.4% de todos los Mymaridae, y *Conura*, representando el 70.1% de los Chalcididae. Las subfamilias más importantes en abundancia de Eulophidae y Pteromalidae son Eulophinae (41.4%) y Pteromalinae (90%), respectivamente.

**Tabla 2. Número y porcentaje de individuos de la superfamilia Ichneumonoidea capturados en la Hacienda San Ignacio, con una trampa Malaise.**

Familia	Subfamilia	No. Individuos	Porcentaje
Ichneumonidae	Campopleginae	1473	21.6
	Orthocentrinae	944	13.8
	Banchinae	871	12.8
	Cryptinae	796	11.7
	Cremastinae	565	8.3
	Brachycyrtinae	436	6.4
	Ichneumoninae	368	5.4
	Pimplinae	362	5.3
	Metopiinae	218	3.2
	Anomaloninae	211	3.1
	Mesochorinae	134	1.9
	Ophioninae	122	1.8
	Nesomesochorinae	85	1.3
	Tryphoninae	80	1.2
	Ctenopelmatinae	43	0.6
	Diplazontinae	37	0.5
	Lycorininae	28	0.4
	Acaenitinae	27	0.4
	Tersilochinae	14	0.2
	Poemeniinae	7	0.1
Labeninae	1	0.01	
	<b>Total</b>	<b>6822</b>	
Braconidae	Microgastrinae	2632	60.4
	Opiinae	503	11.5
	Cheloninae	234	5.4
	Alysiinae	201	4.6
	Braconinae	126	2.9
	Helconinae	109	2.5
	Rogadinae	92	2.1
	Euphorinae	72	1.7
	Doryctinae	62	1.4
	Homolobinae	59	1.4
Blacinae	51	1.2	

Miracinae	47	1.1
Agathidinae	44	1.0
Meteorinae	36	0.8
Aphidiinae	26	0.6
Orgilinae	25	0.6
Exothecinae	13	0.3
Ichneutinae	10	0.2
Macrocentrinae	9	0.2
Cenocoeliinae	3	0.1
Hormiinae	3	0.1
Pambolinae	3	0.1
<b>Total</b>	<b>4360</b>	

### 3.2 Captura mediante el uso de aspersiones

En total se colectaron 275 individuos pertenecientes a 22 familias (Tabla 3). Eulophidae (18.2%), Braconidae (15.6%), Scelionidae (13.8%), Mymaridae (9.8%) y Encyrtidae (9.1%) fueron las familias con mayor número de individuos. Los Ichneumonidae, con el 4.7% de los individuos totales, solo fueron capturados con aspersiones de miel y azúcar. A pesar de ser abundantes en la trampa Malaise, pocos individuos de Pteromalidae ( $Z=2.52$ ,  $p=0.012$ ,  $N=8$ , test de Wilcoxon) y Chalcididae ( $Z=2.52$ ,  $p=0.012$ ,  $N=8$ , test de Wilcoxon) fueron capturados con las aspersiones.

La Tabla 4 muestra las preferencias de los diferentes grupos de avispas parasitoides, con respecto a las aspersiones utilizadas. No se encontró interacción entre los factores *sitio* y *aspersión*, con respecto al número de individuos capturados para cada grupo de avispas evaluado (todos los grupos combinados:  $X^2=12.13$ ;  $df=9$ ;  $p=0.21$ ; Ichneumonoidea  $X^2=22.83$ ;  $df=24$ ;  $p=0.53$ ; Scelionidae:  $X^2=9.46$ ;  $df=9$ ;  $p=0.40$ , Mymaridae:  $X^2=17.7$ ;  $df=21$ ;  $p=0.67$ ; Eulophidae:  $X^2=24.82$ ;  $df=21$ ;  $p=0.25$ ; Encyrtidae:  $X^2=14.55$ ;  $df=15$ ;  $p=0.48$ ; Braconidae:  $X^2=24.91$ ;  $df=24$ ;  $p=0.41$ ). Tampoco se encontró interacción entre los factores, al evaluar la riqueza de los diferentes grupos (todos los grupos combinados:  $X^2=13.7$ ;  $df=9$ ;  $p=0.13$ ; Ichneumonoidea:  $X^2=15.96$ ;  $df=24$ ;  $p=0.89$ ; Mymaridae:  $X^2=17.7$ ;  $df=21$ ;  $p=0.67$ ; Eulophidae:  $X^2=24.69$ ;  $df=21$ ;  $p=0.26$ ; Encyrtidae:  $X^2=13.53$ ;  $df=15$ ;  $p=0.56$ ; Braconidae:  $X^2=24.91$ ;  $df=24$ ).

Al analizarse el grupo de avispas parasitoides en conjunto, las soluciones de miel ( $p=0.0053$ ) y azúcar ( $p=0.0037$ ) atrajeron significativamente más avispas.

De igual manera, un mayor número de taxa vinieron a las soluciones azucaradas (i.e. miel y azúcar) ( $p=0.0056$  y  $p=0.0016$ , respectivamente), al ser comparadas con la solución control; aunque no se presenta diferencia entre la preferencia por éstas dos soluciones ( $p=1$ ). Los Ichneumonoidea mostraron preferencias por la solución de miel ( $p=0.031$ ) y Eulophidae por la solución de levadura ( $p=0.09$ ). Ichneumonoidea ( $p=0.026$ ), Mymaridae ( $p<0.001$ ) y *Metaphycus* spp. ( $p=0.03$ ) mostraron mayor diversidad de avispa visitando la solución de miel. *Gonatocerus* spp., los mimáridos más abundantes (en el cafetal estudiado), mostraron preferencia por la solución de levadura ( $p=0.0024$ , prueba de Kruskal-Wallis).

**Tabla 3. Número de individuos colectados sobre los arbustos de café, mediante el uso de aspersiones.** Las aspersiones de miel, azúcar y agua (control) fueron usadas en ocho sesiones de muestreo, mientras la de levadura solamente en cuatro sesiones.

Familia	Subfamilia	MIEL	AZÚCAR	LEVADURA	AGUA	Total
Eulophidae		17	15	12	6	50
Braconidae	Alysiinae	1	3	0	0	4
	Aphidiinae	0	0	0	1	1
	Braconinae	1	0	0	0	1
	Cheloninae	2	1	0	1	4
	Doryctinae	3	2	2	0	7
	Ichneutinae	0	1	0	0	1
	Meteorinae	0	1	0	0	1
	Microgastrinae	4	8	1	1	14
	Opiinae	3	4	0	1	8
	Orgilinae	1	0	0	0	1
	Sin identificar	1	0	0	0	1
Scelionidae		16	15	4	3	38
Mymaridae		7	5	8	7	27
Encyrtidae		15	4	1	5	25
Ichneumonidae	Cryptinae	4	2	0	0	6
	Banchinae	1	1	0	0	2
	Orthocentrinae	1	2	0	0	3
	Campopleginae	1	0	0	0	1
	Tersilochinae	0	1	0	0	1
Pteromalidae		6	1	1	5	13
Platygastridae		3	6	0	2	11
Diapriidae		2	4	1	1	8

Figitidae	3	4	0	0	7
Eurytomidae	1	3	0	2	6
Agaonidae	4	0	0	1	5
Bethylidae	4	0	0	1	5
Trichogrammatidae	0	1	1	3	5
Ceraphronidae	1	1	0	2	4
Chalcididae	1	1	2	0	4
Drynidae	2	1	0	0	3
Aphelinidae	0	1	0	1	2
Eupelmidae	1	1	0	0	2
Perilampidae	1	1	0	0	2
Eucharitidae	0	1	0	0	1
Gasteruptionidae	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>91</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>275</b>

**Tabla 4. Preferencias de las avispas parasitoides hacia las aspersiones.** Se muestran los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la abundancia y la riqueza. A nivel de familia, género y especie, los datos pertenecen sólo a los grupos de importancia económica en el cafetal (para justificación ver métodos); los datos en negrilla muestran las preferencias (resultados de las pruebas post Hoc) de los diferentes grupos para la sustancia señalada, con respecto al control.

Grupo	Número de individuos	Riqueza
Todas las avispas parasitoides	H=16.1, p=0.001, N=155 <b>Miel (p=0.0053)</b> <b>Azúcar (p= 0.0037)</b>	H=17.43, p=0.0006, N=155 <b>Miel (p=0.0056)</b> <b>Azúcar (p=0.0016)</b>
Ichneumonoidea	H=18.32, p=0.0004, N=155 <b>Miel (p=0.031)</b>	H=18.98, p=0.0003, N=155 <b>Miel (p=0.026)</b>
Mymaridae	H=3.62, p=0.31, N=155 <b>Ninguno</b>	H=3.68, p=0.30, N=155 <b>Miel (p&lt;0.001)</b>
<i>Gonatocerus</i> spp. (Mymaridae)	H=14.45, p=0.0024, N=155 <b>Levadura (p=0.75)</b>	*
Eulophidae	H=11.94, p=0.0076, N=155 <b>Levadura (p=0.09)</b>	H=11.95, p=0.0076, N=155 <b>Levadura (p=0.09)</b>

Encyrtidae	H=6.73, p=0.08, N=155 <b>Ninguna</b>	H=6.73, p=0.08, N=155
<i>Metaphycus</i> spp. (Encyrtidae)	H=3.89, p=0.27, N=155 <b>Ninguna</b>	H=8.81, p=0.03, N=155 <b>Miel (p=0.03)</b>
Braconidae	H=4.19, p=0.24, N=155 <b>Ninguna</b>	H=4.01, p=0.26, N=155 <b>Ninguna</b>
Microgastrinae (Braconidae)	H=6.58, p=0.086, N=155 <b>Ninguna</b>	*
Opiinae (Braconidae)	H=2.09, p=0.55, N=155 <b>Ninguna</b>	*

\* No se profundizó en su identificación, por lo tanto no se puede realizar la prueba sobre el efecto de las aspersiones, en la riqueza, para esta familia.

### 3.3 Captura sobre arvenses

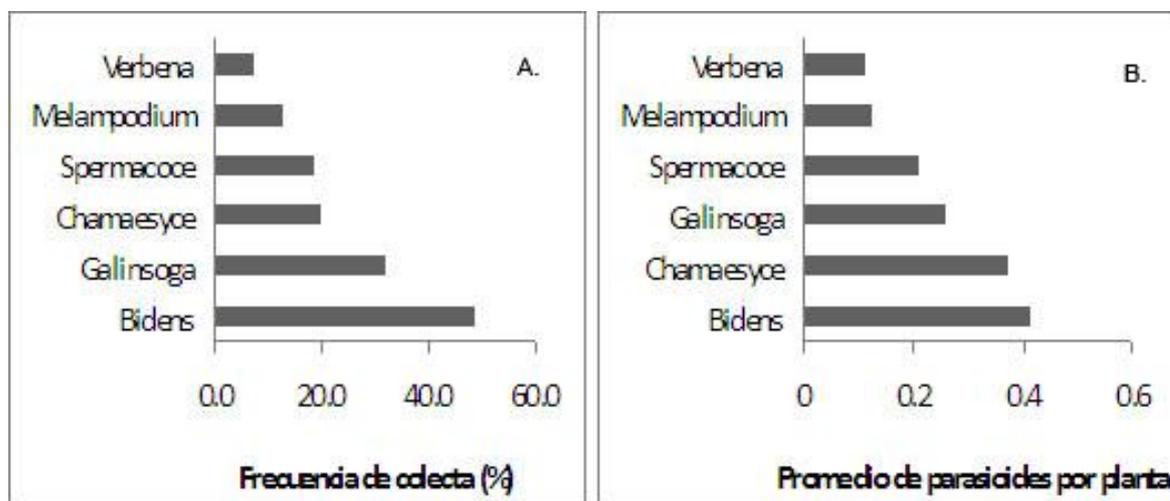
Un total de 57 avispas parasitoides, pertenecientes a 14 familias, fueron capturadas sobre las plantas arvenses (Tabla 5). Braconidae fue la familia más abundante con 13 individuos (22%), seguida de Scelionidae con 8 (13.6%), y Eulophidae con 7 individuos (11.9%), comprendiendo cerca del 50% de los individuos visitando las arvenses. El número relativo de individuos capturados de estas familias fue significativamente mayor en la trampa Malaise que en las aspersiones ( $Z=2.52$ ,  $p=0.011$ ,  $N=8$ ) o en las arvenses ( $Z=2.52$ ,  $p=0.011$ ,  $N=8$ )

**Tabla 5. Himenópteros parasitoides totales capturados sobre las plantas arvenses.** Los números entre paréntesis muestran el número total de plantas muestreadas por especie.

Familia	Bid(53)	Cham(8)	Gal(19)	Mel(48)	Sper(71)	Ver(26)	Total
Braconidae	6	1	0	0	4	0	11
Scelionidae	2	0	0	1	2	3	8
Eulophidae	5	1	0	1	0	0	7
Figitidae	2	1	1	0	1	0	5
Mymaridae	3	0	0	0	2	0	5
Encyrtidae	1	0	1	1	1	0	4

Ichneumonidae	1	0	2	0	1	0	<b>4</b>
Pteromalidae	2	0	1	0	0	0	<b>3</b>
Agaonidae	1	0	0	0	1	0	<b>2</b>
Chalcididae	0	0	0	0	2	0	<b>2</b>
Perilampidae	0	0	0	1	1	0	<b>2</b>
Trichogrammatidae	0	0	0	2	0	0	<b>2</b>
Platygastridae	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
Torymidae	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>57</b>

*Bidens pilosa* mostró el mayor promedio de avispas parasitoides capturadas por planta ( $H=16.4$ ,  $p= 0.006$ ,  $N=255$ ). *Galinsoga quadriradiata* le siguió en importancia, con el 32% de las capturas, y un promedio de 0.26 individuos capturados por planta (Figura 1). *Chamaesyce hirta* mostró también un promedio de captura relativamente alto (0.38 individuos/planta), aunque muy pocas plantas de esta especie fueron muestreadas.



**Figura 1. Himenópteros parasitoides capturados sobre las plantas arvenses muestreadas en la Hacienda San Ignacio, A) frecuencia de avispas parasitoides por planta y B) promedio.**

La Tabla 6 presenta las medidas del ancho del tórax y de la cabeza de los parasitoides que se capturaron sobre plantas de *B. pilosa*, sólo se capturó un individuo de cada especie. El espacio para el acceso a los nectarios florales de esta arvenses fue de 0.12 mm.

**Tabla 6. Avispas parasitoides (a excepción de los Eulophidae) capturadas sobre las inflorescencias de *Bidens pilosa*. N=1 (para todas las especies).**

Espece	Familia	Ancho de la cabeza (mm)	Ancho del tórax (mm)
<i>Gonatocerus</i> sp. 3	Mymaridae	0.25	0.25
<i>Opius</i> sp. 2	Braconidae	0.45	0.43
Pteromalidae sp. 1	Pteromalidae	0.65	0.58
<i>Pimpla</i> cf <i>punicipes</i>	Ichneumonidae	1.1	1.05
<i>Erythmelus</i> sp. 1	Mymaridae	0.23	0.23
<i>Anagrus</i> sp.1	Mymaridae	0.18	0.13

### 3.4 Grupos escogidos

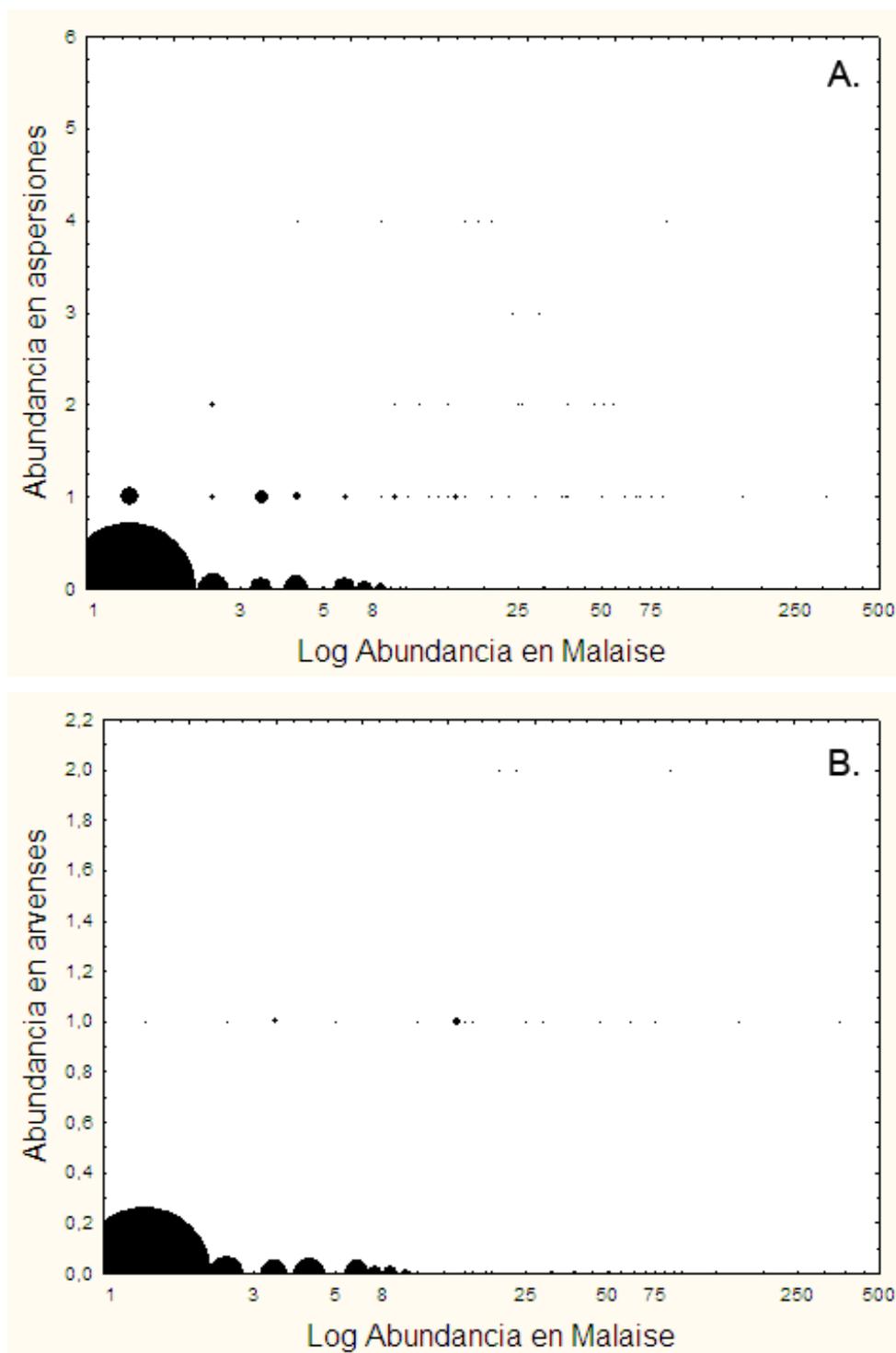
Catorce especies que fueron colectadas mediante el uso de aspersiones, o sobre arvenses, representadas por uno o dos individuos, no mostraron representantes en la trampa Malaise. Estas capturas corresponden a ocho especies de Entedoninae, tres de Tetrastichinae, y tres de Pteromalinae. *Gonatocerus* sp. 1 y Pteromalidae sp.1 con seis individuos, fueron las especies con mayor número de individuos capturados con estos métodos (Prueba de Friedman (N=7, df= 2) = 8,86 p= 0,012; Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.2, p=0.028). *Gonatocerus* (Mymaridae), el género más abundante en las capturas con aspersiones, mostró preferencias por la solución de levadura (H=14.45, p=0.002, N=155) (Tabla 4).

Por otro lado, los himenópteros parasitoides más abundantes en la trampa Malaise pertenecen a tres especies del género *Gonatocerus* (sp.4, sp.10 y sp.14) con 843 individuos, seguidas por *Pimpla* cf *punicipes* con 153 individuos. Sin embargo, fueron muy poco abundantes en las capturas con aspersiones o sobre las plantas arvenses (con un solo individuo capturado), mostrando diferencias en el número de individuos capturados al ser comparados con la trampa Malaise (*Gonatocerus* sp. 14: Prueba de Friedman (N=8, df= 2) = 15,44 p= 0,0004. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.52, p=0.012, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.52, p=0.012, N=8. *Gonatocerus* sp.14

y *Gonatocerus* sp.10: Prueba de Friedman (N=8, df= 2) = 14,77 p= 0,00062. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.52, p=0.012, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.52, p=0.012, N=8. *Pimpla* cf. *punicipes* Prueba de Friedman (N=8, df= 2) = 15,44 p= 0,0004. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.52, p=0.012, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.52, p=0.012, N=8).

Las familias escogidas para un análisis taxonómico más profundo, evaluadas en conjunto, mostraron diferencia en las capturas con los diferentes métodos usados (Prueba de Friedman (N=8, df= 2) = 14,0 p= 0,00091), siendo la trampa Malaise diferente a los otros dos métodos (Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.52, p=0.012, N=8; Malaise vs arvenses Z=2.52, p=0.012, N=8). Lo mismo se encontró para las familias Chalcididae y Pteromalidae (evaluadas por separado) (Prueba de Friedman (N=8, df= 2) = 14,30 p= 0,00079. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.52, p=0.012, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.52, p=0.012, N=8), y con el encírtido *Copidosoma floridanum* (Prueba de Friedman (N=6, df= 2) = 11,47 p= 0,0032. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.20, p=0.028, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.20, p=0.028, N=8). No se encontró diferencia en el número de individuos capturado, para los métodos “aspersiones” y “sobre arvenses”.

Por otro lado, se encontró que no existe correlación entre la abundancia en la trampa Malaise, de las 191 especies evaluadas, y la abundancia en las capturas con aspersiones ( $r= 0,22$ ;  $p = 0,002$ , N=191) (Figura 2 A), ni la abundancia en la trampa Malaise y en las capturas con las arvenses ( $r= 0,29$ ;  $p<0,01$ , N=191) (Figura 2 B).



**Figura 2. Comparación de la distribución de la abundancia de 191 especies de avispas parasitoides, para las capturas con trampa Malaise y sobre aspersiones (A), y las capturas con Malaise y sobre las arvenses (B). El tamaño de cada punto indica el número de veces que se repite cada valor.**

### 3.5 Encyrtidae

Para la familia Encyrtidae se determinaron 678 individuos pertenecientes a 117 especies, agrupadas en 36 géneros, siendo *Oencyrtus* el de mayor número de especies, con 15. Otros géneros relativamente diversos dentro de este cafetal son: *Rhytidothorax* (nueve), *Metaphycus* (ocho), *Anagrus*, *Copidosoma* y *Forcipestricis* (siete), *Aenasius*, *Cheiloneurinae*, *Encyrtus*, *Microterys* y *Parablatticida* (seis). Se reporta la captura de un individuo perteneciente a un género nuevo.

**Tabla 7. Himenópteros parasitoides capturados con una trampa Malaise, sometidos a un análisis taxonómico más profundo (exceptuando Encyrtidae), debido a su importancia en el control biológico en cafetales.**

Familia	Subfamilia	Genero	Número de morfoespecies	Número de Individuos en Malaise
Chalcididae	Haltichellinae	<i>Haltichella</i>	2	16
	Chalcidinae	<i>Conura</i>	4	53
Eulophidae	Entedoninae	No determinado	12	93
	Tetrastichinae	No determinado	12	65
	Eulophinae	<i>Elasmus</i>	3	110
		<i>Euplectrus</i>	2	20
	No determinado	3	97	
Mymaridae	Gonatocerinae	<i>Gonatocerus</i>	14	1036
	Mymarinae	<i>Polynema</i>	3	71
		<i>Acropolynema</i>	3	87
		<i>Erythmelus</i>	2	27
		<i>Neomymar</i>	1	26
		<i>Anagrus</i>	1	61
Pteromalidae	Pteromalinae	No determinado	6	70
	Diparinae	<i>Lelaps</i>	1	8
Braconidae	Cheloninae	<i>Chelonus-Microchelonus</i>	3	79
		<i>Phanerotoma</i>	2	45
	Opiinae	<i>Opius</i>	5	111
Ichneumonidae	Pimplinae	<i>Pimpla</i> *	1	152

\**Pimpla cf punicipes*.

La especie con mayor número de individuos colectados mediante la trampa Malaise fue *Copidosoma floridanum* Ashmead, con el 12% (75 individuos) del total; sin

embargo, sólo un individuo fue capturado con la solución de miel, y otro en una planta de la especie *G. quadriradiata*. (Prueba de Friedman (N=6, df= 2) = 11,47 p= 0,0032. Prueba de Wilcoxon Malaise vs aspersiones Z=2.20, p=0.028, N=8, Malaise vs arvenses Z=2.20, p=0.028, N=8).

Por el contrario, *Metaphycus harveyorum* (Prueba de Friedman (N=4, df= 2) = 3,85 p= 0,146), *Anagyrus* (macho) (Prueba de Friedman (N=4, df= 2) = 3,5 p= 0,174), *Aenasius* (macho) (Prueba de Friedman (N=3, df= 2) = 2,0 p= 0,368), *Copidosoma* sp. 4 (Prueba de Friedman (N=3, df= 2) = 2,0 p= 0,368), *Rhytidothorax* (macho), *Acroaspidiini* (macho), *Enyrtus* (macho), *Metaphycus* sp. 1 y *Metaphycus* sp.3 mostraron muy pocos individuos en los tres métodos; las últimas cinco especies con tres o menos individuos en total. *Metaphycus* (macho) sólo fue capturado con las aspersiones (Prueba de Friedman (N=4, df= 2) = 8,0 p= 0,02).

*Metaphycus harveyorum* Noyes, y machos de una especie no identificada de *Metaphycus* fueron los más abundantes, capturados con las aspersiones (sólo con las de miel y azúcar), sin embargo, los individuos de este género, no mostraron preferencia hacia algún tipo de aspersión (H=3.89; p=0.27, N=155).

#### 4. Discusión

En el presente estudio se tomó la captura obtenida con la trampa Malaise como un estimativo de la abundancia y diversidad de la comunidad de himenópteros parasitoides del lugar. La trampa Malaise es tal vez el método más usado en estudios taxonómicos sobre Hymenoptera (e.g. Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla 1997, Martínez De Murguía 2002, Sääksjärvi *et al.* 2006, Fraser *et al.* 2008), tal vez por la ventaja que ofrece su operatividad ininterrumpida, debido a que es un método de muestreo pasivo. Varios estudios que comparan los métodos usados para coleccionar himenópteros, confirman la eficacia de esta trampa como un estimador de la abundancia de varios grupos del orden. Por ejemplo, se ha encontrado que es un método efectivo para estimar el tamaño poblacional de los icneumonídeos (Noyes 1989, Bartlett 2000, Mazón y Bordera 2008). No obstante, puede resultar en un estimativo bajo de la composición de especies de un lugar. Para la estimación de la diversidad del orden Hymenoptera, varios autores recomiendan, además de la Malaise, capturas sobre la vegetación

circundante con métodos activos como la red entomológica (Noyes 1989). La crianza a partir del hospedero, o el uso de trampas amarillas han resultado ser mejores métodos de muestreo para grupos como Proctotrupoidea, Ceraphronoidea, Chalcidoidea (Noyes 1989, Bartlett 2000). Por otro lado, la trampa también puede resultar atractiva para algunos insectos (Oldroyd 1958), y mostrar, debido a esto, selectividad según el sexo, la especie o la casta (Southwood citado por Martínez De Murguía 2002). La captura de los diferentes grupos puede estar condicionada por la respuesta (comportamiento) de éstos, por ejemplo, volar hacia arriba y no hacia los lados o hacia abajo ante la presencia de la trampa como una barrera, o un objeto atractivo o repulsivo.

Una especie no identificada del género *Gonatocerus* y varias especies de *Pimpla* (Ichneumonidae) se encontraron principalmente representadas por machos en la captura con trampa Malaise (obs. pers). Esto puede deberse a diferencias en su actividad de vuelo, con respecto a las hembras; machos y hembras buscan diferentes recursos (Hanson y Gauld 2006). Es probable que los machos vuelen más alto en busca de hembras y que éstas estén volando cerca del sustrato en búsqueda de hospederos, lo cual podría explicar la mayor abundancia de machos de estos grupos en la trampa Malaise.

Algunas especies fueron muy poco abundantes en la trampa Malaise, pero fueron relativamente abundantes en las aspersiones, como es el caso de *Gonatocerus* sp.1, Pteromalidae sp.1, Entedoninae sp. 2, *Gonatocerus* sp. 7, *Euplectrus* sp.1 y Eulophinae sp 1. Sin embargo, no presentaron diferencias significativas en las capturas con los diferentes métodos. Esto indica que la captura de estos individuos, por los métodos diferentes a la trampa Malaise, son hechos al azar que no evidencian la preferencia de estos grupos hacia las aspersiones, ni la eficacia de estos métodos para su captura. La baja captura de muchas de estas especies "raras" podría deberse a que no son especies "residentes", y por lo tanto, son poco abundantes en el lugar estudiado. Los individuos de estas especies raras podrían encontrarse en movimiento entre lugares de oviposición.

Por otro lado, especies como *Gonatocerus* sp. 4 (Mymaridae), *Gonatocerus* sp. 10, *Gonatocerus* sp. 14, *Pimpa* cf *punicipes* (Ichneumonidae), y los encártidos C.

*floridanum*, *Forcipestricis* sp. C, *Forcipestricis* sp. B y *Microterys* sp. C, a pesar de ser abundantes en la trampa Malaise, no se colectaron con el uso de aspersiones, ni sobre las plantas arvenses, o presentaron muy pocos representantes en estos métodos de captura. Lo mismo ocurrió con las avispas de las familias Pteromalidae y Chalcididae. Estos hechos, sumados a la baja correlación encontrada entre la abundancia de los parasitoides en los métodos de colecta usados (y a un alto nivel de confianza; Malaise-plantas:  $r^2=0.084$ ,  $p=0.00004$ ; Malaise-aspersiones:  $r^2=0.048$ ,  $p=0.002$ ), indican que la trampa Malaise es el mejor método para capturar el mayor número de avispas parasitoides, en el cafetal estudiado, al compararse con las aspersiones y la captura sobre arvenses. No obstante, sería interesante realizar un muestreo más intensivo con aspersiones, y sobre las arvenses, ya que el tiempo de “actividad” de captura de la trampa Malaise excede considerablemente al de los otros dos métodos.

*Gonatocerus*, uno de los géneros más abundantes en el cafetal (según lo encontrado en la trampa Malaise), y que se encontró llegando a las aspersiones, es de gran importancia económica (Irvin y Hoddle 2005, Grandgirard *et al.* 2008), pues ataca huevos de Cicadellidae (Hanson y Gauld 2006). Algunas especies de Cicadellidae son muy problemáticas en los cafetales, pues se alimentan del xilema de los cafetos, causando daño en hojas y pecíolos, y debilitamiento del cafeto (Rojas *et al.* 2001, Garita-Cambronero *et al.* 2008). Además, transmiten la bacteria *Xylella fastidiosa* Wells *et al.*, causante de la enfermedad de la “crespera del café”, que ha afectado la producción cafetalera en Costa Rica, de manera importante (Rodríguez *et al.* 2001). Son necesarias identificaciones más detalladas de los *Gonatocerus* llegando a las aspersiones, para determinar si pertenecen a las especies importantes en el control de *X. fastidiosa*.

Las avispas del género *Opius*, uno de los braconidos más abundantes en el cafetal estudiado, parasitan larvas de Diptera, por ejemplo *Ceratitis capitata* Wiedemann (Tephritidae) (Hanson y Gauld 2006), que ataca los frutos del café (Waller *et al.* 2007). Aunque se encuentra afectando el cultivo de café en Costa Rica (Fischel 1982), no representa una amenaza para la producción cafetalera, pues no ataca el grano, y por lo tanto no es muy controlado por los caficultores. Sin embargo, se ha sugerido que estas infecciones de *C. capitata* representan un reservorio importante de infección

para otros cultivos en las proximidades (Howard 2009 datos no publicados), como es el caso de los cítricos, donde esta mosca es responsable de pérdidas de un 20% y 30% de la producción, por daños en el fruto (SFE 2011). Teniendo esto en cuenta, las infecciones en café por parte de esta mosca deberían ser consideradas de importancia económica, y ser monitoreadas y controladas. Sin embargo, sería importante evaluar qué factores son importantes para la conservación de estos parasitoides, en el ámbito del control biológico, ya que muy pocos individuos fueron capturados sobre las arvenses del cafetal estudiado, y tampoco mostraron preferencia por las aspersiones aquí evaluadas, exhibiendo pocas visitas a éstas. También sería importante confirmar que en el cafetal estudiado se encuentra la especie de *Opius* que parasita a *C. capitata*.

Aunque algunos investigadores han encontrado que las soluciones de azúcar de mesa (sacarosa) son poco atractivas para algunos himenópteros parasitoides, al no inducir respuestas olfativas fuertes por parte de éstos (Lewis y Takasu 1990, Patt *et al.* 1997), en general, se presentó una preferencia hacia las soluciones azucaradas (i.e. miel y azúcar). El análisis de todos los parasitoides en conjunto, a niveles taxonómicos gruesos, muestra una preferencia por este tipo de aspersiones, sobre la de levadura. Lo anterior es de esperarse ya que muchos himenópteros parasitoides, en estado adulto, usan fuentes de azúcares de origen vegetal para suplir sus necesidades energéticas (Jervis *et al.* 1993).

No se percibe una diferencia entre la preferencia por la solución de miel y la solución de azúcar ( $p=1$ ), lo que indicaría que las diferencias en los tipos de azúcar constituyentes de éstas dos soluciones no son importantes. Sin embargo, el análisis de grupos taxonómicos más específicos, podrían indicar lo contrario. Por ejemplo, la superfamilia Ichneumonoidea, analizada en conjunto, mostró preferencias hacia la solución de miel. Dado que grupos muy abundantes de esta superfamilia como la familia Braconidae, no mostraron preferencias por las soluciones asperjadas, o no fueron atraídas a éstas, como es el caso de *Pimpla cf punicipes* (Ichneumonidae), el resultado podría ser el efecto de fuertes preferencias de algunos grupos de esta superfamilia, que no fueron evaluados aquí; se ha demostrado la existencia de diferentes umbrales de aceptación, por parte de diferentes grupos de insectos, hacia los diversos tipos de azúcares (Baker y Baker 1983, Wäkers 1999).

Tras realizar un análisis general del grupo de los himenópteros parasitoides, se presenta una preferencia por las soluciones azucaradas. No obstante, al evaluar en detalle las preferencias de grupos específicos, otros sesgos menos evidentes emergen. En el caso de Eulophidae y de los mimáridos *Gonatocerus*, la levadura fue la solución más visitada. La abundante captura de individuos de estas familias con aspersiones de levadura podría indicar la necesidad de soluciones con altos niveles proteicos. Este tipo de nutrientes son usados por la hembra para la producción y maduración de los huevos. Algunos himenópteros, por ejemplo, se alimentan de la hemolinfa de su hospedero (Jervis y Kidd 1986) para suplir estas demandas, y se ha encontrado que este tipo de alimentación, aparte de incrementar la longevidad de la hembra (Heimpel y Collier 1996), también aumenta la producción de huevos (Heimpel et al. 1997). Se ha encontrado que varios eulófidos que atacan minadores de hojas como *Liriomyza* (Agromyzidae) y *Leucoptera coffeella* (Lyonetiidae), este último una plaga importante en cafetales, causan gran mortalidad a sus hospederos al alimentarse de ellos (Cure y Cantor 2003). Estos hechos sugieren la importancia de suplementos alimenticios altos en proteínas para las hembras adultas de estas especies, lo cual podría explicar la atracción de los individuos de la familia Eulophidae, evaluados aquí, hacia la solución de levadura. Estos requerimientos alimenticios de las hembras adultas, podrían ser evaluados en casos donde se desee implementar la conservación de enemigos naturales para el control biológico de *L. coffeella*. Sin embargo, es necesario afinar las identificaciones de eulófidos y de los mimáridos del género *Gonatocerus* para hacer inferencia sobre sus biología.

Varias especies importantes en el control biológico de grupos plaga en cafetales pertenecen a Encyrtidae (*Metaphycus* spp., Kapranas & Luck 2008), Mymaridae (*Gonatocerus* spp. Rojas et al. 2001) y Eulophidae (*Phymastichus coffea* La Salle Barrera et al. 1990), y algunas de éstas vinieron a las aspersiones. Sin embargo, no se cuenta con la identidad a nivel específico de las avispas visitando las diferentes soluciones, por lo tanto, sólo se podría ratificar lo señalado aquí hasta tener más información sobre la identidad de las especies en estudio. Sería interesante evaluar a profundidad las preferencias alimenticias de éstos, tomando como referencia los resultados aquí encontrados. Programas de control biológico aumentativo, o de conservación, enfocados en el uso de especies de estas familias, podrían apoyarse en

el uso de recursos florales o suplementos alimenticios, que promuevan la presencia de estos parasitoides.

Aunque se colectaron pocas avispas parasitoides sobre las arvenses, las capturas de los grupos taxonómicos mayores sobre estas plantas muestran, a grandes rasgos, abundancias relativas similares, con respecto a lo encontrado en las aspersiones. Por ejemplo, los Ichneumonidae evaluados (Pimplinae), aunque fue un grupo muy abundante en la trampa Malaise, solo un individuo fue capturado sobre las arvenses y ninguno con las aspersiones. Por el contrario, las familias Braconidae, Scelionidae y Eulophidae presentan el mayor número de individuos colectados sobre las arvenses, lo cual concuerda con lo encontrado para las capturas con aspersiones. Podría argumentarse que los Ichneumonidae fueron capturados en menor cantidad, posiblemente por ser insectos con mayor capacidad de vuelo y escape, debido a su gran tamaño, y que demandarían mayor habilidad por parte de la investigadora para capturarlos. Sin embargo, en las colectas de este tipo, también se encontró gran cantidad de moscas de la familia Tachinidae (obs. pers), conocidos también por la rapidez de su vuelo. Por otro lado, se ha observado que avispas parasitoides grandes como Ichneumonidae gastan poco tiempo forrajeando sobre las flores, e inician mucho más rápido el consumo de néctar, al comparar su comportamiento con el de avispas más pequeñas, como la mayoría de los Chalcidoidea (Jervis *et al.* 1993), lo cual disminuye la probabilidad de su captura sobre las flores.

Braconidae fue encontrado, en su mayoría, sobre *Bidens pilosa* y *Spermacoce assurgens*. Individuos de esta familia se han observado consumiendo néctar de flores silvestres (Jervis *et al.* 1993), y su presencia en las arvenses aquí muestreadas podría sugerir una afinidad por el consumo del néctar floral de las plantas muestreadas. Estas avispas poseen estructuras bucales en forma de proboscis que les permite alimentarse más eficientemente del néctar de las flores (Jervis 1998). Las adaptaciones morfológicas de las estructuras bucales, tales como prolongaciones del complejo labio-maxilar (conocido como CNEA o aparato para la extracción de néctar encubierto), de algunos braconidos e ichneumonidos (Jervis 1998), les permite alimentarse del néctar. De esta manera contrarrestan la barrera impuesta por plantas con corolas estrechas, que impiden el acceso a avispas parasitoides de gran tamaño que son incapaces de entrar completamente, o poner sus cabezas dentro de éstas estructuras (Jervis *et*

al.1993). Por otro lado, los scelionidos y eulófidos, son, en general, avispas muy pequeñas que pueden acceder al néctar de plantas con corolas estrechas (Jervis *et al.* 1993).

Varios estudios que evalúan la importancia de las arvenses en la conservación de los enemigos naturales, han encontrado que algunas especies del género *Spermacoce* (Rubiaceae), como por ejemplo *S. verticillata*, son muy atractivas para los himenópteros parasitoides (Frank *et al.* 1995, Sivinski *et al.* 2006, Rohrig *et al.* 2008), jugando un papel importante en conservación. No obstante, en el presente estudio, las plantas del género *Spermacoce*, no exhibieron una frecuencia de colecta, ni abundancia de himenópteros parasitoides relevantes.

*Bidens pilosa*, muy reconocida por el valor de su néctar, especialmente en cultivos apícolas (Ordex 1952, Underhill 1958, Silva 2006), fue la planta con el mayor promedio de himenópteros parasitoides capturados (pertenecientes a los grupos analizados a profundidad). Asteraceae, la familia a la que pertenece *B. pilosa*, agrupa a varias especies usadas comúnmente en conservación (Mexzón 1997, Sivinski *et al.* 2006). Estudios sobre himenópteros parasitoides visitantes de flores han encontrado que algunos parasitoides se ven limitados, en el caso de las flores de Asteraceae, para acceder a los nectarios parcialmente escondidos por los pétalos. Los nectarios de Asteraceae están ubicados en la base de corolas tubulares en los discos florales, impidiendo el acceso a los himenópteros parasitoides con cabeza y tórax más grande que la distancia entre el estilo y la corola, y con estructuras bucales cortas (Patt *et al.* 1997). No obstante, en el presente estudio las avispas parasitoides capturadas sobre las arvenses fueron más abundantes en *B. pilosa*, planta de la familia Asteraceae. Sobre ésta se capturaron avispas parasitoides de diversos tamaños, la gran mayoría limitados por el ancho de su cabeza o tórax para ingresar a las flores y alcanzar los nectarios. Fiedler y Landis (2007) reportaron también las mayores abundancias de estos enemigos naturales en las asteraceas usadas en conservación.

Es probable que varias avispas parasitoides limitadas por la morfología floral al acceso al néctar, lleguen a éste de otras maneras. Se ha observado que las avispas parasitoides, sin importar su tamaño, intentan vigorosamente separar los pétalos y estamentos en búsqueda de los nectarios (Patt *et al.* 1997). Jervis (1998), después de examinar especímenes de museo, concluyó que un rango amplio de parasitoides, sin

modificaciones de su aparato bucal (CNEA), podrían ser capaces de everter el complejo labio-maxilar suficientemente para alcanzar y consumir el néctar dentro de las flores con corolas tubulares muy angostas y estrechas. Sería interesante evaluar la morfología del aparato bucal de las avispas parasitoides encontradas visitando *B. pilosa*, en el presente estudio, con el fin de confirmar el consumo de su néctar floral, ya que la ubicación de los nectarios florales de esta planta parece incompatible con la extracción del néctar por parte de éstas avispas. Sin embargo, se presenta una clara preferencia hacia esta planta, por parte de los himenópteros parasitoides visitando las arvenses.

## **5. Conclusiones y recomendaciones**

La trampa Malaise fue un buen método para capturar avispas parasitoides presentes en el cafetal estudiado, al compararse con las aspersiones y la captura sobre arvenses. No obstante, sería interesante realizar un muestreo más intensivo con aspersiones, y sobre las arvenses, ya que el tiempo de “actividad” de captura de la trampa Malaise excede considerablemente al de los otros dos métodos.

El presente trabajo, realizado teniendo en cuenta la mayoría de los grupos que incluyen avispas parasitoides, presenta una visión de lo que ocurre, a grandes rasgos, con las preferencias alimenticias de los adultos. Las soluciones de miel y azúcar fueron las más visitadas, al evaluar las preferencias a niveles taxonómicos gruesos. El grupo de los eulófidos y algunos mimáridos, fueron más frecuentemente capturados con aspersiones que les proveían de proteínas, y mostraron menor afluencia hacia fuentes de carbohidratos.

Aunque no se evidenció el consumo de néctar floral de las plantas muestreadas, por parte de las avispas parasitoides, se asume que la preferencia en las visitas de éstos hacia las plantas de *B. pilosa* indica cierta afinidad por los recursos florales alimenticios. Se hace necesaria la observación del comportamiento de las avispas parasitoides visitando esta planta, con el fin de corroborar el consumo del néctar floral.

Se recomienda un manejo cuidadoso de *B. pilosa*, ya que es hospedera de nemátodos importantes como plagas en agro-ecosistemas. Además, sería interesante evaluar el uso que hacen del néctar de estas plantas las especies plaga en el cafetal, con el fin de descartar efectos positivos sobre éstas.

## 6. Literatura citada

Baker, H. G. & I. Baker. 1983. Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type, pp.117-141, en C. E. Jones, and R. J. Little (eds.). Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand Reinhold, New York.

Bartlett, R. P. 2000. Efficiency of collection methods and flight activity of Ichneumonidae (Hymenoptera) in three sites in Guanacaste, Costa Rica. M. S. Thesis. University of Georgia, Athens, 59p.

Begum, M., G. M. Gurr, S. D. Wratten & H. I. Nicol. 2004. Flower color affects tri-trophic-level biocontrol interactions. Biological Control 30: 584-590.

Casas, J., G. Driessen, N. Mandon, S. Wielaard, E. Desouhant, J.V. Alphen, L. Lapchin, A. Rivero, J.P. Christides & C. Bernstein. 2003. Energy dynamics in a parasitoid foraging in the wild. J. Animal Ecol. 72: 691-697.

Cure, J. R. & F. Cantor. 2003. Atividade predadora e parasítica de *Diglyphus begini* (Ashm.) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Liriomyza hidobrensis* (Blanch.) (Diptera: Agromyzidae) em cultivos de *Gypsophila paniculata* L. Neotropical Entomology, 32: 85-89.

Damon, A., Pacheco, H.S., Mora, J.V., Santiesteban, A., 1999. Effect of *Euphorbia hirta* nectar and its component sugars, upon the survival of bethylid parasitoids of the coffee berry borer. Southwestern Entomol. 24 (1), 49–59.

Faria, C. 2005. The nutritional value of aphid honeydew for parasitoids of lepidopteran pests. Ph. D. Thesis. Neuchatel, Switzerland. 121 p.

Fiedler A. K. & D. A. Landis. 2007. Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants. *Environ. Entomol.* 36(4): 878-886.

Fischel-Matamoros, M. 1982. Fluctuaciones en la densidad de población y parasitoidismo en la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) (Diptera, Tephritidae) en frutos de café (*Coffea arabica*) en la región de Santo Domingo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.

Frank, J. H., J. P. Parkman & F. D. Bennett. 1995. *Larra bicolor* (Hymenoptera: Sphecidae), a biological control agent of *Scapteriscus mole* crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae), established in Northern Florida. *Florida Entomologist* 78(4): 619-623.

Fraser, S. E. M., C. Dytham, P. J. Mayhew, D. Mouillot, B. J. & Anderson. 2008.

Community structure in ichneumonid parasitoids at different spatial scales. *Oecologia* 157: 521-530.

Gámez-Virués S., G. Gurr, A. Raman, J. La Salle & H. Nicol. 2009. Effects of flowering groundcover vegetation on diversity and activity of wasps in a farm shelterbelt in temperate Australia. *BioControl* 54: 211-218.

Garita-Cambronero J.,W. Villalobos, C. Godoy, C. Rivera. 2008. Diversidad de cicadélidos y clastoptéridos (Hemiptera) en tres zonas productoras de café afectadas por *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* en Costa Rica. *Neotrop. Entomol.* 37: 436-448.

Grandgirard, J., M. S. Hoddle, J. N. Petit, G. K. Roderick & N. Davies. 2008. Engineering an invasion: classical biological control of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis*, by the egg parasitoid *Gonatocerus ashmeadi* in Tahiti and Moorea, French Polynesia.

Hanson, P. 1991. Los parasitoides asociados al cafeto en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. No. 20-21: 8-10.

Hanson, P.E. & I.D. Gauld (eds.). 2006. Hymenoptera de la Región Neotropical. *Mem. American Entomol. Inst.* 77: 1-994.

Heimpel, G.E. & T.R. Collier. 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. *Biological Reviews*. 71: 373–400.

Heimpel G.E., J.A., Rosenheim & D. Kattari. 1997. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 305–315.

Idoine, K. & D. N. Ferro. 1988. Aphid honeydew as a carbohydrate source for *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae). *Environ. Entomol* 941–944.17.

Idris, A.B. & E. Grafius. 1995. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of Diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environ. Entomol.* 24: 1726-1735.

Irvin, N. A. & M. S. Hoddle. 2005. Determination of Homalodisca coagulate (Hemiptera: Cicadellidae) egg ages suitable for oviposition by *Gonatocerus ashmeadi*, *Gonatocerus triguttatus*, and *Gonatocerus fasciatus* (Hymenoptera: Mymaridae). *Biological Control* 32: 391-400.

Jacob, H.S. & E.W. Evans. 1998. Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 27: 1563-1568.

Jervis, M. A. & N.A.C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biol. Rev.* 61: 395-434.

Jervis, M.A., N.A.C. Kidd & M. Walton. 1992. A review of methods for determining dietary range in adult parasitoids. *Entomophaga* 37: 365-574.

Jervis, M.A., N.A.C. Kidd, M.G. Fitton, T. Huddleston & H.A. Dawah. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *J. Nat. Hist.* 27: 67-105.

Jervis, M.A. 1998. Functional and evolutionary aspects of mouthpart structure in parasitoid wasps. *Biological Journal of the Linnean Society*, 63:461-493.

Koptur, S. 1992. Extrafloral nectary-mediated interactions between insects and plants, p. 81-129. *En* Bernays, E. (ed.) Insect-plant interactions. CRC Press, Boca Raton. 808p.

Langenberger, M.W. & A.R. Davis. 2002. Temporal changes in floral nectar production, reabsorption, and composition associated with dichogamy in annual caraway (*Carum carvi*; Apiaceae). *Amer. J. Bot.* 89: 1588-1598.

Lee, J.C. & G.E. Heimpel. 2002. Nectar availability and parasitoid sugar feeding. 1st. *Int. Symp. Biol. Control Arthropods*. Bugwood, Honolulu, Hawaii, USA.

Lee, J. C., D. A. Andow & G. E. Heimpel. 2006. Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. *Ecological Entomology*. 31:470-480.

Lee, J. C. & G.E. Heimpel. 2008. Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity. *BioControl* 53: 289-294.

Lewis, W. J. & K. Takasu. 1990. Use of learned odours by a parasitic wasp in accordance with host and food needs. *Nature (Lond.)* 348: 635-636.

Lomeli-Flores J.R. 2007. Natural enemies and mortality factors of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) in Chiapas, Mexico. PhD. Thesis. Texas A&M University. 202p.

MAG. 2002. Reglamento para la producción, industrialización y comercialización del café sostenible. No. 3098-MAG. San José, Costa Rica. Publicado en la Gaceta # 23, 3 de febrero de 2003.

Martínez De Murguía, L. 2002. La taxocenosis de Hymenoptera en Artikutza (Navarra). *Bol. S.E.A*, 31: 227-237.

Mazón, M. & S. Bordera. 2008. Effectiveness of two sampling methods used for collecting Ichneumonidae (Hymenoptera) in the Cabañeros National Park (Spain). Eur. J. Entomol. 105:879-888.

Mexzón, R. 1997. Pautas de manejo de las malezas para incrementar las poblaciones de insectos benéficos en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin). Agron. Mesoamericana 8: 21-32.

Nieves-Aldrey, J. L. & Fontal-Cazalla, F. M. 1997. Los insectos de la Isla de Coiba (Panamá). Abundancia y dinámica estacional. Análisis del caso de los himenópteros (Hexapoda Hymenoptera). En: Flora y Fauna del Parque Nacional de Coiba (Panamá) Inventario preliminar. Santiago Castroviejo Ed. A.E.C.I. p. 330-361.

Nilsson-Laurito, V., P. Sánchez-Vindas & R. Manfredi-Abarca. 2005. Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos. 1ª Ed. San José, Costa Rica. Herbario Juvenal Valerio Rodríguez, 270p.

Norris, R.F. & M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Sci. 48: 94-158.

Noyes, J. S. 1989. A study of five methods of sampling Hymenoptera (Insecta) in a tropical rainforest, with special reference to the Parasitica. Journal of Natural History. 23: 285-298.

Oldroyd, H. 1958. Collecting, preserving and studying insects. Hutchinson Sci. 327p.

Ordex Ros, G. S. 1952. Flora Apícola de la América Tropical. Editorial Lex. Havana. 1952.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.

- Patt, J. M., G. C. Hamilton & J. H. Lashomb. 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 21-30.
- Rogers, M.E. & D.A. Potter. 2004. Potential for sugar sprays and flowering plants to increase parasitism of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) by tiphiid wasps (Hymenoptera: Tiphidae). *Environ. Entomol.* 33: 619-626.
- Rohrig, E., J. Sivinski & R. Wharton. 2008. Comparison of parasitic Hymenoptera captured in Malaise traps baited with two flowering plants, *Lobularia maritime* (Brassicales: Brassicaceae) and *Spermacoce verticillata* (Gentianales: Rubiaceae). *Florida Entomologist* 91(4):621-627.
- Rojas, L., C. Godoy, P. Hanson & L. Hilje. 2001. A survey of homopteran species (Auchenorrhyncha) from coffee shrubs and poró and laurel trees in shaded coffee plantations, in Turrialba, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49(3-4): 1057-1065.
- Roltsch, W. J., C. H. Pickett, G. Simmons & K. A. Hoelmer. 2008. Habitat management for the establishment of *Bemisia* natural enemies. En: J. Gould, K. Hoelmer, J. Goolsby (eds.), *Classical Biological Control of Bemisia tabaci in the United States: A Review of interagency research and implementation*. Vol. 4, *Progress in biological control*, H. M. T. Hokkanen (series ed.). The Netherlands: Springer, Dordrecht. P.243-257.
- Rodríguez, C.M., J.J. Obando, W. Villalobos, L. Moreira y C. Rivera 2001. First report of *Xylella fastidiosa* infecting coffee in Costa Rica. *Plant Dis* 85: 1027.
- Sääksjärvi, I., K. Ruokolainen, H. Tuomisto, S. Haataja, P. V. A. Fine, V. Vargas, G. Cardenas & I. Mesones. 2006. Comparing composition and diversity of parasitoid wasps and plants in an Amazonian rain-forest mosaic. *Journal of Tropical Ecology* 22:167-176.
- Siegel, S. & N. J. Castellan 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Second ed. McGraw-Hill, New York. 399p.

Silva, G. A. 2006. Flora asociada a la actividad melífera en apiarios del sur del departamento del Huila, Colombia. Informe final. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia, CIAT. 27p.

SFE. 2011. Principales plagas de importancia económica bajo vigilancia fitosanitaria. <http://www.sfe.go.cr/control%20de%20plagas/Principales%20plagas%20de%20importancia%20economica%20en%20CR.pdf>

Sivinski, J. M. Aluja & T. Holler. 2006. Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid flies: effects on longevity and fecundity. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118: 193-202.

STATISTICA<sup>®</sup> 8.0. StatSoft.

Syme, P.D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. *Environ. Entomol.* 4: 337-346.

Underhill, R. S. 1958. Spanish needle gives way to soybeans. *Amer. Bee Jour.* 98(2): 50.

Wäkers F. L. 1999. Gustatory response by the Hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata* to a range of nectar and honeydew sugars. *Journal of Chemical Ecology* 25 (12): 2863-2877.

Waller J. M., M. Bigger & R. J. Hillocks (eds.). 2007. Coffee pests, diseases and their management. CABI Pub. Wallingford, UK. 434p.

Wratten S.D., B. I. Lavandero, J. Tylianakis, D. Vattala, T. Cilgi & R. Sedcole. 2003. Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity. *New Zealand Plant Prot.* 56: 239-245.

## **CAPITULO 2. Relaciones entre la flora acompañante de un cafetal y la abundancia y riqueza de los himenópteros parasitoides que lo habitan.**

### **Resumen**

La vegetación acompañante de los cafetales puede exhibir una gran complejidad estructural debido a una alta diversidad de especies arbóreas y herbáceas. Algunos parasitoides adultos visitan las plantas en busca de diferentes estructuras productoras de alimento. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar si existen relaciones entre una medida de la cobertura y la composición de la vegetación acompañante de un cafetal, de tres años y la abundancia y composición de la comunidad de avispas parasitoides presentes en el cultivo. Se puso énfasis con especial en las arvenses *Bidens pilosa* L y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav; y el género *Spermacoce*, las cuales fueron frecuentemente visitadas por avispas parasitoides en otros estudios. En general, se presentaron pocas correlaciones positivas significantes (correlaciones simples no paramétricas) entre la abundancia y riqueza de diferentes taxa de avispas parasitoides capturadas con una trampa Malaise y la abundancia y riqueza de las plantas arvenses cercanas. Sin embargo, se encontraron altas correlaciones positivas entre la cobertura de las plantas de la familia Asteraceae y de la planta *B. pilosa* con la abundancia de Ichneumonidae. La abundancia de Opiinae estuvo fuertemente correlacionada con la riqueza de las arvenses en conjunto, y también con la abundancia de la planta *G. quadriradiata*. La abundancia de esta planta estuvo correlacionada a su vez con la abundancia del encírtido *Lamennaisia ambigua*. La abundancia de *Pimpla cf. punicipes* mostró una alta correlación positiva con la abundancia de las arvenses en conjunto.

No se encontró ninguna correlación entre la abundancia y riqueza de las plantas arbóreas con los diferentes grupos de avispas parasitoides. *Bidens pilosa* y *Galinsoga quadriradiata* mostraron correlaciones positivas con algunos grupos de avispas parasitoides, y por lo tanto, potencial para ser usadas en programas de conservación de enemigos naturales. Es probable que algunos de estas avispas parasitoides visiten las arvenses en busca de los recursos alimenticios presentes en las inflorescencias de estas plantas. Sin embargo, es necesario estudiar más a fondo el efecto de la estación del año en la abundancia de las arvenses melíferas y en consecuencia en la

abundancia y composición de los himenópteros parasitoides aquí estudiados. Además, son necesarios estudios comportamentales más específicos que permitan verificar si el néctar de las inflorescencias de estas arvenses es usado como fuente de alimento. También es necesario evaluar si estas plantas tienen un efecto sobre otros grupos de insectos, como herbívoros de importancia económica en el cafetal.

## 1. Introducción

La producción de café sostenible promueve la producción de café como una actividad viable económica y socialmente. Además, tiene como objetivo el fomento y la intensificación de los ciclos biológicos, y la preservación de la biodiversidad (MAG 2002). La categoría de cafetal sostenible retoma el manejo tradicional de los cultivos con sombra. Como resultado, la vegetación acompañante de estos agro-ecosistemas puede exhibir una gran complejidad estructural debido a una alta diversidad de especies arbóreas y herbáceas (Alcorn 1983, Moguel & Toledo 1999, Perfecto & Snelling 1995, Perfecto & Vandermeer 2002, Perfecto *et al.* 2003). Se ha encontrado que la riqueza de especies animales es mayor en cafetales de sombra, al compararla con la de otros hábitats agrícolas (Borrero 1986, Greenberg 1994; Perfecto *et al.* 1996, Petit *et al.* 1999, Perfecto *et al.* 2003).

Tradicionalmente, la vegetación acompañante de los cafetales está compuesta por gran cantidad de especies arbóreas, que generalmente son remanentes de bosques nativos (e.g. Perfecto *et al.* 1996), o que fueron sembrados para proporcionar sombra, y en el caso de algunas especies, nitrógeno al cafetal. Los árboles más comúnmente usados pertenecen al grupo de las leguminosas, particularmente *Inga* spp., (guaba) y *Erythrina* spp. (poró). También es muy común encontrar diferentes árboles frutales como cítricos (*Citrus* spp.) y banano (*Musa* spp.), y algunos árboles maderables (Faminow & Ariza 2001). Por otro lado, la vegetación herbácea es tradicionalmente removida, mediante el uso de herbicidas, o manualmente (durante los primeros años del cafetal). En los cafetales de la categoría “sostenible” el uso de herbicidas es mínimo, y solo se permite que ciertas arvenses cubran el suelo selectivamente, se controla el crecimiento de las más agresivas y se dejan aquellas consideradas benéficas. Se considera que esta cobertura es “noble” en el sentido que interfiere en

grado muy bajo con el cultivo (p. ej. baja competencia por nutrientes o agua), debido a su tipo de crecimiento, reducido en altura y con un sistema radical poco profundo. Estas plantas protegen el suelo de la erosión y amortiguan las aguas de escorrentía, debido a su capacidad de cubrimiento (Rivera y Gómez 1992). Gómez y Rivera (1995) reportan 170 especies de arvenses con ocurrencia frecuente en plantaciones de café, en Colombia, entre 1000 y 1800 msnm, agrupadas principalmente en las familias Poaceae, Asteraceae y en menor medida en Euphorbiaceae, Amaranthaceae y Rubiaceae.

Además de los beneficios que tiene sobre la producción de café (Beer 1987), el manejo tradicional de la vegetación acompañante promueve la conservación de grupos funcionales importantes de insectos, como los polinizadores de las flores del café (Karanja *et al.* 2010), incidiendo positivamente en la abundancia y diversidad de éstos. Los cafetales que implementan este tipo de manejo funcionan como refugios de organismos encontrados en áreas adyacentes de bosques (Znajda 2000, Hall 2001, Rivera y Armbrrecht 2005).

La heterogeneidad vegetal de los cafetales de sombra puede favorecer el establecimiento y la permanencia de las comunidades de enemigos naturales de las plagas (Perfecto *et al.* 1997), y por ende el manejo integrado de éstas. Las hormigas y las aves, que cumplen un papel importante como depredadores de insectos (tanto benéficos como plagas) en varios paisajes agrícolas, se ven favorecidos por el aumento de la complejidad de la vegetación (Perfecto *et al.* 2003, Philpott y Armbrrecht 2006, Van Bael 2008, Vandermeer *et al.* 2008, Philpott *et al.* 2008, Philpott *et al.* 2009). Un efecto similar también ha sido observado para algunos grupos de Hymenoptera parasitoides (p. ej. algunos Ichneumonidae), en diferentes ecosistemas (Sääksjärvi *et al.* 2006, Fraser *et al.* 2007).

Se ha hipotetizado que el grado de asociación entre la abundancia y diversidad de los parasitoides, y los atributos de la vegetación (como abundancia y riqueza de especies), debería disminuir con el incremento en el número de conexiones tróficas que los separa (Fraser *et al.* 2007); es decir, se esperaría que existiera una relación más estrecha entre la composición de la vegetación y la de los parasitoides de insectos herbívoros, principalmente. Esto se ha observado en varios casos (Sääksjärvi

*et al.* 2006, Fraser *et al.* 2007), sin embargo no es siempre la regla (e.g Sääksjärvi *et al.* 2006). Varios estudios han mostrado cómo el incremento en la oferta de néctar en los agro-ecosistemas lleva al aumento de la abundancia de los parasitoides (y del porcentaje de parasitismo) (Berndt *et al.* 2002, Begum *et al.* 2006, Gámez-Virués *et al.* 2009). Por otro lado, se ha encontrado que la disponibilidad de alimento, es un estímulo importante, tal como lo puede ser la disponibilidad de huéspedes para muchos parasitoides (Jervis *et al.* 1996, Casas *et al.* 2003, Siekmann *et al.* 2004). Lo anterior indica que la composición de los himenópteros parasitoides en un agroecosistema, podría estar correlacionada por las fuentes de azúcares que la vegetación pueda ofrecer, además de los hospederos que ésta pueda albergar.

Algunos parasitoides adultos visitan las plantas arvenses y la flora arbórea en busca de diferentes estructuras productoras de néctar, polen y, en menor cantidad, tricomas glandulares, para alimentarse (Jervis *et al.* 1993). Así como excretas azucaradas de homópteros (Idoine y Ferro 1988). Varios estudios de campo y laboratorio han demostrado que el consumo de sustancias azucaradas tiene efectos positivos en la supervivencia y el éxito de los parasitoides (Jervis *et al.* 1992, Mexzón 1997, Jacob y Evans 1998, Norris y Kogan 2000, Casas *et al.* 2003, Wratten *et al.* 2003, Lee y Heimpel 2008) y por ende, en el efecto de éstos sobre las poblaciones de plagas (Syme 1975, Idris y Grafius 1995, Faria 2005, Gámez-virués *et al.* 2008).

Sin embargo, puede ser que los recursos presentes no siempre sean accesibles para éstos. Características como la arquitectura floral (Jervis *et al.* 1993, Patt *et al.* 1997), el color y las claves visuales (Wäckers y Lewis 1994, Begum *et al.* 2004), y los estímulos químicos (Takasu y Lewis 1996), son determinantes en la percepción y el aprovechamiento de los recursos alimenticios. Lo anterior restringe la disponibilidad del néctar para los parasitoides. Estos factores deben ser tenidos en cuenta en la selección de las especies de plantas a usarse en la conservación de enemigos naturales.

El presente estudio tiene como objetivo conocer la vegetación asociada a un cultivo de café sostenible, haciendo énfasis en las arvenses. Se evalúa la relación entre una medida de la cobertura y la composición de la vegetación acompañante del cultivo, y la abundancia y composición de la comunidad de avispa parasitoides presentes en el

cafetal. Se espera que la oferta de alimento para los parasitoides adultos (además de la disponibilidad de hospederos), tengan una relación positiva con la presencia y permanencia de éstos en el cafetal. Se pretende identificar los atributos de la vegetación acompañante (p. ej abundancia de ciertos grupos taxonómicos, ciertos tipos de flores) que puedan ser útiles para explicar la composición de los diferentes grupos de avispas parasitoides, encontrados en el cafetal estudiado.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Sitio de estudio**

El estudio se llevó a cabo entre Julio de 2007 y Junio de 2008, en ocho lotes de la Hacienda San Ignacio en Palmichal, San José, Costa Rica. Esta finca presenta una plantación de café de tres años, con certificación de “Café sostenible (producto sostenible social, económica y ambientalmente) (MAG 2002), de Rainforest Alliance. La hacienda tiene una extensión total de 250 ha.; aproximadamente 150 ha. están sembradas de café. Los lotes muestreados tienen una extensión promedio de 2 ha., y se encuentran ubicados entre 1200 y 1390 msnm. La mayoría de los lotes se encuentran alejados uno del otro (por encima de 178 m), sólo 2 de ellos están relativamente cercanos (85 m). Las distancias entre los lotes fueron medidas con el programa ArcGis 9.3 (ESRI 2011), después de tener los puntos geo-referenciados, sin tener en cuenta la inclinación del terreno, por lo cual, las distancias entre los lotes podrían ser mayores a las obtenidas de esta manera.

### **2.2. Estudio de la vegetación**

Para conocer la vegetación arvense, se trabajó con la metodología conocida como Línea Intercepto (o Líneas de Canfield) (Hays *et al.* 1981, Matteuci y Colma 1982). En cada lote se extendieron sobre la vegetación 5 transectos (o líneas guía) de 50 m de largo, cada una. Sobre cada una de ellas se determinaron puntos cada 5 m, y desde cada uno de estos puntos se trazó una línea secundaria de un metro en cada lado y en ángulo recto a la línea guía. El muestreo se realizó registrando las especies

interceptadas por la línea secundaria, y midiendo, sobre esta línea secundaria, la longitud ocupada por cada planta (longitud de la proyección de cada planta sobre la línea secundaria). En algunos casos, se encontraron dos plantas ocupando el mismo sector de la línea, debido a la diferencia en la arquitectura y al tipo de crecimiento de éstas. Por ejemplo, algunas podían tener crecimiento rastrero y otros de porte alto, lo que hacía que estas últimas estuvieran por encima de las primeras, y la proyección de las dos se traslapara sobre la línea secundaria. Debido a esto, en algunos casos, la longitud o proyección (de aquí en adelante llamada "cobertura") total de las plantas (i.e. suma de las proyecciones individuales), sobre una línea secundaria, fue mayor a la longitud de esta línea (dos metros).

Para la identificación de las plantas se tomó como guía el libro "Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos" (Nilson-Laurito *et al.* 2005). También se realizaron comparaciones con ejemplares del Herbario Dr. Luis A. Fournier Origgí (USJ), de la Escuela de Biología, de la Universidad de Costa Rica. En varias ocasiones fue difícil identificar las plantas que no presentaban inflorescencias, especialmente las de la familia Asteraceae. En general, en el inventario no se tomaron en cuenta las especies monocotiledóneas, debido a su bajo aporte melífero (Nilson-Laurito *et al.* 2005). Sin embargo, se tuvo en cuenta una, *Cyperus rotundus* L. al momento de hacer los registros de cobertura. L. Esta especie (coyolillo) es reportada en la literatura como una planta visitada por insectos, en busca de néctar (Nilson-Laurito *et al.* 2005).

De lo anterior se derivó un listado de las arvenses presentes en el lugar. Con los datos obtenidos se calculó la cobertura relativa (dividiendo la cobertura de una planta entre la cobertura total de las plantas, multiplicado por 100), para cada especie de planta, como un indicativo de su abundancia en el cafetal estudiado. Esto se realizó en cada transecto, cada lote, y para el sitio de estudio. Además se registró la frecuencia de aparición de cada especie (número de eventos en los que una planta fue encontrada en un lote).

También se realizó la identificación y la determinación en campo de la abundancia de los árboles de sombra y de aquellos encontrados alrededor de cada lote muestreado. Muestras de especímenes dudosos fueron llevadas al laboratorio e identificadas

haciendo uso de las claves taxonómicas respectivas, y mediante comparación con ejemplares del Herbario Dr. Luis A. Fournier Origgí (USJ), de la Escuela de Biología, de la Universidad de Costa Rica.

### **2.3. Colecta de los himenópteros parasitoides**

Las avispas parasitoides fueron capturadas con una trampa Malaise (tipo Townes, Marris House), la cual fue instalada, por un mes, en el centro de cada lote muestreado, y alejada de los árboles de sombra. Cada mes, la trampa fue alternada entre los diferentes lotes (los ocho lotes donde se realizó la caracterización de la vegetación). Aunque la botella colectora de los insectos (con alcohol al 70%) fue cambiada cada 15 días, para cada mes, las muestras fueron analizadas de manera conjunta con los datos de la caracterización de la vegetación.

### **2.4. Análisis estadísticos**

Se realizaron correlaciones simples no paramétricas, con el programa PAST versión 2.05 (Hammer *et al.* 2001), entre la abundancia y riqueza (número de familias) de todas las avispas parasitoides capturadas con una trampa Malaise y la abundancia y riqueza (número de especies) de las plantas arvenses, en cada lote. La misma prueba fue realizada para las familias Ichneumonidae, Braconidae, Chalcididae, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae y Mymaridae, agrupadas, e individualmente, por ser familias que albergan especies de importancia en el control de plagas en cafetales (Hanson y Gauld 2006).

También se evaluó, de manera independiente, la correlación de la abundancia de las plantas melíferas, y las no melíferas (Nilson-Laurito *et al.* 2005), el efecto de las plantas pertenecientes a la familia Asteraceae, de aquellas de las especies *Bidens pilosa* L. (moriseco), y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (mielcilla), y de las del género *Spermacoce*, las cuales han mostrado visitas frecuentes de avispas parasitoides en otros estudios (Vargas en prep.); sobre la abundancia y la riqueza (número de especies) de himenópteros parasitoides.

Igualmente, se estimó la correlación entre la abundancia y riqueza (número de especies) de los árboles asociados al lote, en conjunto; de los árboles de sombra, de

aquellos cercando los lotes, de los árboles frutales y de los árboles de los géneros *Inga* (guaba) y *Erythrina* (poró), los más comúnmente usados como sombra para los cafetales, y que presentan estructuras productoras de néctar, frecuentemente visitadas por insectos (Sherbrooke *et al.* 1979, Koptur 1994).

Correlaciones similares se realizaron para algunos grupos de avispas parasitoides (pertenecientes a las familias de importancia económica antes mencionadas) abundantes y/o que han sido reportados visitando fuentes de azúcares naturales y artificiales, dentro del cafetal estudiado (Vargas en prep.). Los parasitoides fueron identificados a niveles taxonómicos más finos, según la facilidad y disponibilidad de claves taxonómicas. Los grupos evaluados fueron: Cheloninae (*Chelonus* spp. y *Phanerotoma* spp.: Braconidae); *Opius* spp. (Braconidae), Microgastrinae (Braconidae), *Pimpla* cf. *punicipes* Cresson (Ichneumonidae), *Gonatocerus* spp. (Mymaridae), y las cinco especies más abundantes (en el cafetal estudiado) de la familia Encyrtidae, (*Copidosoma floridanum* Ashmead, *Lamennaisia ambigua* Nees, y tres especies del género *Forcipestricis*).

Se usó el método de descubrimiento falso (FDR - false discovery rate) para controlar el error tipo I asociado a las comparaciones múltiples ( $\alpha = 0,05$ ) (Verhoeven *et al.* 2005). Se determinó un umbral de FDR para las correlaciones en cada grupo de parasitoides evaluado, mediante la fórmula:  $P_{(i)} \leq \alpha/m.i$  ( $P$ = probabilidad,  $\alpha$ = nivel de significancia,  $m$ = número de pruebas,  $i$ = i-ésimo valor de  $p$ ).

El efecto de la estación del año (*lluviosa*, *seca*) en la abundancia de los grupos de avispas parasitoides y de las plantas arvenses, evaluadas en las correlaciones, fue examinado mediante la prueba de U de Mann-Whitney. Después de éste análisis, se evaluó la correlación existente entre la abundancia de las arvenses melíferas y la abundancia de los grupos de avispas parasitoides estudiados, sólo para la estación lluviosa, corrigiendo también el error asociado a las correlaciones múltiples. No se evaluó la correlación con la estación seca debido al tamaño pequeño de la muestra ( $n=3$ ).

Los datos de abundancias de los Hymenoptera parasitoides pueden encontrarse en Vargas en preparación. Los especímenes de la familia Encyrtidae fueron identificados por el Dr. John Noyes, del Museo de Historia Natural en Londres.

### 3. Resultados

#### 3.1. Vegetación arvense

Se colectaron arvenses pertenecientes a 74 especies, agrupadas en 28 familias (Tabla 1). La cobertura vegetal del suelo varió entre el 73.1% y el 38.3%, en los ocho lotes muestreados. La máxima cobertura estuvo representada en un 71,1% por especies dicotiledóneas y el 2% restante por especies monocotiledóneas o zacates (diferentes de *Cyperus odoratus*). La cobertura de este tipo de plantas no superó el 2% en ninguno de los lotes muestreados. *Bidens pilosa* (moriseco), fue la especie con mayor cobertura (17.3%) (i.e fracción de la superficie total muestreada, ocupada por *B. pilosa*) y la más frecuente (90%) (i.e. fracción de los transectos en los que se encontró esta planta). También fue la más ampliamente distribuida ya que se encontró en todos los lotes muestreados.

**Tabla 1. Listado de las arvenses asociadas a un cafetal sostenible, en Palmichal, Costa Rica** (La frecuencia absoluta está calculada con respecto al número total de transectos).

Planta	Familia	Cobertura relativa (%)	Frecuencia absoluta (%)
* <i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	17,32	90
<i>Hydrocotyle bowlesioides</i> Mathias & Constante	Apiaceae	8,68	37,5
<i>Hypoestes phyllostachya</i> Baker	Acanthaceae	7,06	57,5
* <i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	6,59	80
* <i>Commelina</i> spp.	Commelinaceae	5,45	90
<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	Scrophulariaceae	4,66	72,5
* <i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	3,82	62,5
<i>Cerastium</i> sp.	Caryophyllaceae	3,55	45
* <i>Spermacoce assurgens</i> Ruiz & Pav.	Rubiaceae	3,46	85
* <i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	3,32	45
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. Ex Roem. & Schult.	Caryophyllaceae	3,16	35

<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae	2,58	62,5
* <i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	2,55	27,5
<i>Dicliptera unguiculata</i> Nees	Acanthaceae	2,36	20
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Asteraceae	1,69	65
<i>Melampodium</i> sp.	Asteraceae	1,62	37,5
<i>Stemodia</i> sp.	Scrophulariaceae	1,57	32,5
<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Acanthaceae	1,5	27,5
Arvense sp.7	Asteraceae	1,45	1,45
<i>Kalanchoe</i> sp.	Crassulaceae	1,43	15
* <i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	1,28	25
* <i>Verbena litoralis</i> Kunth	Verbenaceae	1,1	32,5
<i>Pseudelephantopus</i> sp.	Asteraceae	1,08	22,5
Arvense sp.4	Fabaceae	1,03	1
* <i>Desmodium</i> sp.1	Fabaceae	0,86	25
* <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Asteraceae	0,82	47,5
* <i>Spermacoce</i> sp.2	Rubiaceae	0,72	20
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	Asteraceae	0,63	17,5
<i>Dyssodia montana</i> (Benth.) A. Gray	Asteraceae	0,62	25
<i>Pilea</i> sp.	Urticaceae	0,57	15
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore	Asteraceae	0,54	15
* <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	Asteraceae	0,53	17,5
Arvense sp.3	Sin determinar	0,52	0,52
<i>Blechum</i> sp.	Acanthaceae	0,52	12,5
* <i>Spermacoce</i> sp.3	Rubiaceae	0,52	37,5
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Solanaceae	0,51	20
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae	0,49	15
<i>Spananthe paniculata</i> L.	Apiaceae	0,45	10
<i>Browallia americana</i> L.	Solanaceae	0,37	17,5
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	0,36	17,5
<i>Plantago</i> sp.	Plantaginaceae	0,33	20
<i>Tibouchina</i> sp.	Melastomataceae	0,32	35
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Lamiaceae	0,3	10
Arvense sp.1	Araceae	0,26	0,26
<i>Cyathula prostrata</i> (L.) Blume	Amaranthaceae	0,26	25
<i>Rumex</i> sp.	Polygonaceae	0,24	5
* <i>Salvia polystachya</i> Ortega	Lamiaceae	0,19	2,5
<i>Arachis pintoii</i>	Fabaceae	0,17	7,5
Arvense sp.6	Araceae	0,15	0,15
<i>Cuphea</i> sp.2	Lythraceae	0,15	7,5
<i>Cosmos</i> sp.	Asteraceae	0,14	2,5
<i>Mirabilis</i> sp.	Nyctaginaceae	0,13	2,5
<i>Conyza</i> sp.2	Asteraceae	0,12	2,5
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J. F. Macbr.	Lythraceae	0,12	7,5
* <i>Iresine</i> sp.	Amaranthaceae	0,12	2,5
<i>Melanthera</i> sp.	Asteraceae	0,12	5
<i>Montanoa hibiscifolia</i> Benth.	Asteraceae	0,12	5
* <i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	0,1	7,5
* <i>Impatiens walleriana</i> Hook. f.	Balsaminaceae	0,1	5
<i>Cissampelos pereira</i> L.	Menispermaceae	0,09	10

<i>Leandra</i> sp.	Melastomataceae	0,09	7,5
* <i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	0,09	7,5
<i>Teramnus uncinatus</i> (L.) Sw.	Fabaceae	0,09	2,5
<i>Tradescantia zebrina</i> hort. Ex Bosse	Commelinaceae	0,09	2,5
Arvense sp.2	Sin determinar	0,07	0,05
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Asteraceae	0,07	2,5
* <i>Acmella oppositifolia</i> (Lam.) R. K. Cansen	Asteraceae	0,06	5
<i>Gnaphalium</i> sp.	Asteraceae	0,06	2,5
Arvense sp.5	Apiaceae	0,05	0,07
<i>Cyclosporum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague	Apiaceae	0,05	5
* <i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	0,05	5
<i>Chamaesyse hirta</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae	0,03	2,5
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Hypoxidaceae	0,01	5
* <i>Oxalis latifolia</i> Kunth	Oxalidaceae	0,01	2,5

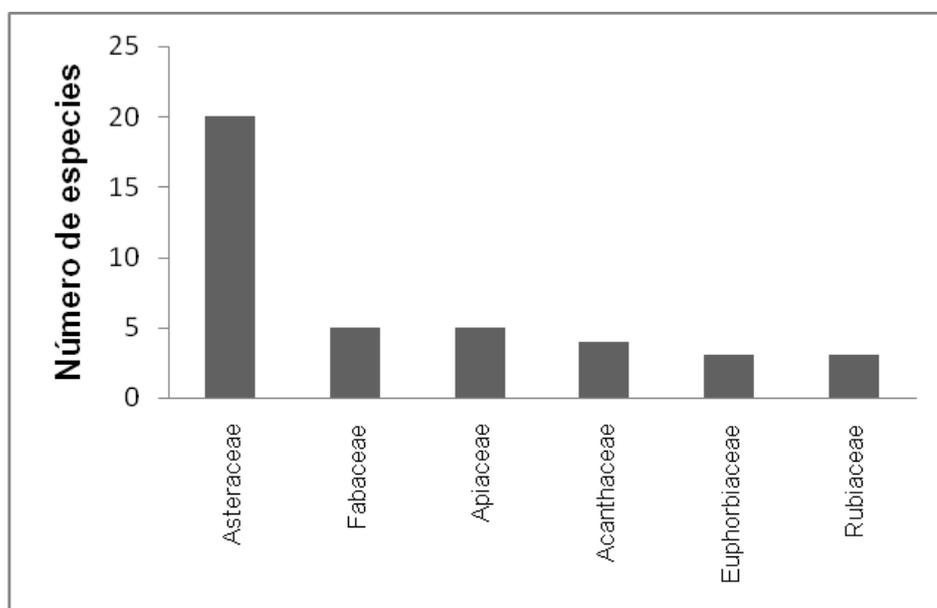
\*Plantas melíferas (Nilsson-Laurito *et al.* 2005).

Un alto porcentaje de las familias están representadas por una especie (41.4%).

Asteraceae comprende el 27% del total de las especies y en segundo lugar en

abundancia se encuentran las familias Fabaceae y Apiaceae, cada una con el 6.8%.

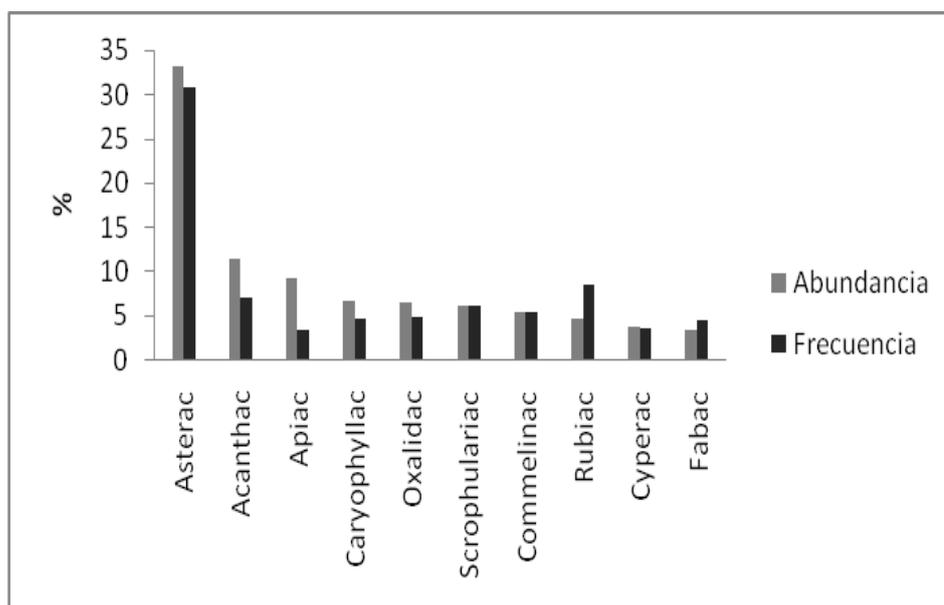
Las demás familias aportan cerca del 5% o menos, cada una. Seis familias agrupan el 54.2 % de las especies encontradas (Figura 1).



**Figura 1. Composición de la comunidad de arvenses asociadas a un cafetal sostenible, en Palmichal, Costa Rica.**

Asteraceae es la familia más abundante y más frecuente, aportando cerca del 35% de la cobertura de arvenses muestreada y con una frecuencia relativa de 30.8%. Le siguen Acanthaceae y Apiaceae en abundancia, con el 11% y el 9%, respectivamente; y en frecuencia relativa Rubiaceae con el 8.5%, pero con una abundancia relativamente baja (4.7%) (Figura 2). La mayoría de las familias representadas solamente por una especie muestran abundancias y frecuencias relativas bajas.

Esta correlación positiva entre la abundancia y la frecuencia se presenta entre algunas de las plantas más abundantes, con características melíferas importantes (Nilson-Laurito *et al.* 2005), como es también el caso de *Spermacoce assurgens* (botoncillo) (3.5% - 85%) y *Ageratum conyzoides* (Santa Lucía) (3.3% - 45%). Igualmente, entre aquellas plantas reconocidas como arvenses “nobles” como *Hydrocotyle bowlesioides* (8.7% - 37.5%), *Oxalis corniculata* (trébol) (6.6% - 80%) y *Commelina* sp. (canutillo) (5.5% - 90%).



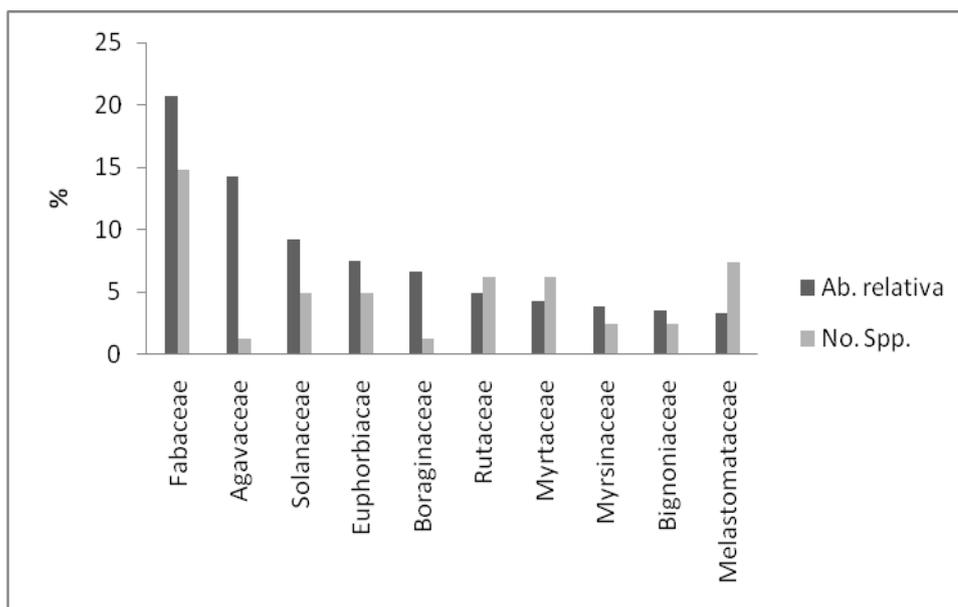
**Figura 2. Familias de arvenses más frecuentes y abundantes, en un cafetal sostenible** (Se muestran datos de abundancia y frecuencia relativas).

### 3.2. Vegetación arbórea

Se reportan 81 especies arbóreas asociadas a las parcelas, agrupadas en 35 familias. Fabaceae comprende el 14% de las especies y es también la familia más abundante (20.7%). Le siguen, con una abundancia mayor o igual al 5%, Agavaceae (14.3%), Solanaceae (9.2%), Euphorbiaceae (7.5%), Boraginaceae (6.7%) y Rutaceae (4.9%); y en riqueza de especies, Melastomataceae con 6 especies, y Myrtaceae y Rutaceae con 5 (Figura 3). El 24% de las familias está representado por sólo una especie y son, igualmente, poco abundantes, presentando entre uno y 12 individuos.

Las especies más abundantes entre los árboles de sombra fueron *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook (4.7% del total) e *Inga vera* Willd (3.9%). También presentes, pero menos abundantes *Inga oerstediana* Benth. ex Seem. (0.3%), *Erythrina berteroana* Urb. (0,3%), *Inga tonduzii* Donn. Sm.(0,3%), *Inga punctata* Willd. (0,1%) e *Inga marginata* Willd. (0,7%). Los árboles pertenecientes a los géneros *Erythrina* e *Inga* representan cerca del 70% de los árboles de sombra, y el 15% de éstos está representado por especies frutales, en su mayoría cítricos (Anexo 1).

Se presenta gran abundancia de arbustos de *Yuca guatemalensis* Baker (13 % del total) y *Eucalyptus* sp. (9.4%) cercando las parcelas; también importantes por su abundancia en las cercas *Diphysa americana* (Mill.) M. Sousa (6.2%), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (6.1%), y *Acnistus arborescens* (L.) Schltldl (4.9%) (Anexo 1).



**Figura 3. Composición de la flora arbórea y arbustiva asociada a un cafetal sostenible en Costa Rica.**

### 3.3. Correlaciones con los himenópteros parasitoides.

La abundancia y riqueza de pocos grupos de avispas parasitoides se encontraron correlacionadas con los atributos de la vegetación arvense (Tabla 1). No se encontró correlación entre la abundancia y riqueza de los grupos de avispas parasitoides evaluados, y la abundancia y riqueza de las especies arbóreas del cafetal estudiado (Tabla 1). Sin embargo, se encontró que la estación del año tuvo un efecto sobre la abundancia de las arvenses melíferas analizadas en conjunto (Prueba de U de Mann-Whitney  $Z=2,24$ ;  $p=0,025$ ;  $N=8$ ); y sobre la abundancia en la trampa Malaise de las avispas parasitoides *Forcipesticis* sp.1 (Prueba de U de Mann-Whitney  $Z=2,24$ ;  $p=0,025$ ;  $N=8$ ), pero no se encontró alguna correlación estadísticamente significativa entre la abundancia de las arvenses melíferas y los grupos de himenópteros parasitoides evaluados.

En general, los taxa que fueron evaluados en detalle debido a su importancia en el control biológico en cafetales, no mostraron correlaciones positivas con la vegetación arvense. Sólo se encontró una alta correlación entre la cobertura de las plantas de la familia Asteraceae y la abundancia de las avispas de la familia Ichneumonidae ( $r=0.83$ ,

$p=0.01$ ,  $N=8$ ) (Tabla 1). Esta misma familia de avispas parasitoides presentó también una alta correlación con la abundancia de *B. pilosa* ( $r=0.86$ ,  $p=0.007$ ,  $N=8$ ) (Tabla 1), la arvense más abundante en el cafetal. La abundancia de *Pimpla cf. punicipes* mostró una alta correlación positiva ( $r=0.81$ ,  $p=0.01$ ,  $N=8$ ) con la abundancia de las arvenses en conjunto.

La abundancia de Opiinae está fuertemente correlacionada con la riqueza de las arvenses (en conjunto) ( $r=0.86$ ,  $p=0.006$ ,  $N=8$ ) y con la abundancia de *Galinsoga quadriradiata* ( $r=0.86$ ,  $p=0.01$ ,  $N=8$ ) (Tabla 1). La abundancia de las plantas de esta especie también tiene un efecto positivo en la abundancia de los encírtidos *Lamennaisia ambigua* Nees ( $r=0.86$ ,  $p=0.01$ ,  $N=8$ ).

Tabla 2. Correlación entre la abundancia y riqueza de la vegetación, y la abundancia y riqueza de los himenópteros parasitoides asociados a una plantación de café.

Grupo		Arvenses				Melíferas		No melíferas		Asterac.		<i>B. pilosa</i>		Spermacoce spp.		<i>Galinsoga</i> sp.	
		Abundancia		Riqueza		Abundancia		Abundancia		Abundancia		Abundancia		Abundancia		Abundancia	
		r	p	r	p	r	P	r	p	R	p	r	p	r	p	r	p
Todos	Ab.	0.40	0.32	-0.24	0.57	-0.12	0.75	0.09	0.84	0.45	0.24	0.71	0.06	0.52	0.2	0	1
	Riq.	-0.05	0.90	0.02	0.95	-0.69	0.06	-0.61	0.11	0.64	0.09	0.61	0.11	-0.05	0.91	0.19	0.65
Eulophidae	Ab.	0.07	0.87	0.24	0.57	-0.55	0.17	0.14	0.7	0.09	0.84	0.6	0.13	-0.05	0.93	0.64	0.1
	Riq.	0.34	0.41	0.37	0.36	-0.57	0.14	0.12	0.78	0.63	0.09	0.83	0.01	-0.05	0.91	0.76	0.03
Ichneumonidae	Ab.	0.43	0.29	0.07	0.87	-0.6	0.13	0.14	0.7	0.83	0.01	0.86	0.007	-0.4	0.33	0.31	0.45
<i>P. cf punicipes</i>	Ab.	0.81	0.01	0.62	0.1	0.26	0.54	0.64	0.08	0.38	0.36	0	1	-0.26	0.54	0.35	0.4
Braconidae	Ab.	0.69	0.06	0.29	0.49	-0.17	0.66	0.33	0.39	0.79	0.03	0.67	0.07	-0.36	0.39	0.42	0.3
Microgastrinae	Ab.	0.62	0.1	0.17	0.69	-0.02	0.98	0.33	0.39	0.55	0.17	0.48	0.22	-0.17	0.66	0.23	0.58
<i>Opius</i> spp.	Ab.	0.57	0.14	0.86	0.006	-0.09	0.84	0.24	0.54	0.5	0.22	0.31	0.46	-0.24	0.54	0.86	0.01
Cheloninae	Ab.	0.16	0.71	-0.37	0.37	-0.38	0.35	-0.24	0.57	0.49	0.22	0.49	0.22	0.39	0.34	-0.39	0.35
	Riq.	0	1	-0.22	0.6	-0.46	0.25	-0.46	0.25	0.60	0.11	0.55	0.16	-0.31	0.45	-0.07	0.87
Chalcididae	Ab.	-0.14	0.74	-0.33	0.42	-0.62	0.11	0.48	0.22	0.4	0.33	0.5	0.21	-0.05	0.93	-0.17	0.69
	Riq.	-0.20	0.64	-0.02	0.95	-0.20	0.64	0	1	0.71	0.05	0.28	0.50	-0.35	0.39	0.41	0.31
Pteromalidae	Ab.	0.19	0.65	0.38	0.35	-0.33	0.39	-0.05	0.93	0.26	0.54	0.4	0.33	-0.17	0.66	0.59	0.13
	Riq.	-0.21	0.62	0.44	0.27	-0.44	0.27	-0.50	0.21	0.13	0.76	0.08	0.85	-0.29	0.48	0.51	0.19
Mymaridae	Ab.	0.29	0.49	-0.29	0.49	-0.24	0.54	0.24	0.54	0.55	0.17	0.5	0.22	-0.26	0.54	-0.2	0.64
	Riq.	-0.65	0.08	-0.16	0.71	-0.77	0.03	0.38	0.35	-0.32	0.43	0.11	0.80	-0.22	0.61	0.10	0.81
<i>Gonatocerus</i> spp.	Ab.	0.64	0.09	-0.07	0.87	0.52	0.19	0.71	0.06	0.29	0.46	0.05	0.93	-0.07	0.84	-0.22	0.6
	Riq.	-0.51	0.20	-0.24	0.56	-0.41	0.31	-0.02	0.95	-0.55	0.16	-0.16	0.71	0.02	0.95	-0.17	0.69
Encyrtidae	Ab.	0.79	0.021	0.05	0.91	-0.12	0.75	0.67	0.07	0.55	0.17	0.52	0.2	0	1	0.07	0.87
	Riq.	0.53	0.18	0.18	0.67	0.40	0.33	0.74	0.03	-0.18	0.67	-0.17	0.69	0.20	0.63	-0.01	0.98
<i>C. floridanum</i>	Ab.	-0.11	0.8	0.26	0.53	-0.5	0.21	-0.28	0.5	0.1	0.82	0.08	0.85	-0.21	0.61	0.25	0.56
<i>L. ambigua</i>	Ab.	0.08	0.84	0.6	0.11	-0.43	0.28	-0.13	0.76	0.23	0.58	0.39	0.35	-0.24	0.56	0.86	0.01
<i>Forcipestricis</i> sp.1	Ab.	0.75	0.03	0.12	0.77	0.64	0.1	0.75	0.04	0.23	0.59	-0.05	0.92	0.21	0.62	-0.13	0.76
<i>Forcipestricis</i> sp.2	Ab.	0.52	0.19	-0.3	0.47	0.19	0.67	0.57	0.17	0.25	0.56	0.3	0.49	0.33	0.43	-0.34	0.42
<i>Forcipestricis</i> sp.3	Ab.	0.33	0.43	-0.41	0.32	0.3	0.47	0.34	0.38	0.3	0.47	0.25	0.54	-0.04	0.94	-0.34	0.43

Grupo		Arboles de cerca				Arboles de sombra				Arboles frutales		Inga spp.		Erithrina spp.	
		Ab.		Riq.		Ab.		Riq.		Ab.		Ab.		Ab.	
		r	p	r	p	r	P	r	p	R	p	r	p	r	p
Todos	Ab.	0.8	0.02	0.49	0.22	-0.17	0.69	-0.67	0.08	0.48	0.23	-0.28	0.52	0.36	0.38
	Riq.	0.11	0.8	-0.22	0.6	0.42	0.42	-0.54	0.17	0.31	0.46	-0.1	0.82	-0.1	0.82
Eulophidae	Ab.	0.47	0.25	-0.13	0.76	-0.57	0.14	-0.54	0.17	0.63	0.1	-0.11	0.8	0.79	0.03
	Riq.	0.13	0.75	-0.44	0.28	-0.15	0.72	-0.7	0.05	0.29	0.48	0.23	0.58	0.37	0.36
Ichneumonidae	Ab.	0.04	0.95	-0.42	0.3	-0.01	0.9	-0.4	0.05	0.17	0.69	-0.13	0.76	0.05	0.93
<i>P. cf punicipes</i>	Ab.	0.13	0.76	0.11	0.81	0.32	0.43	0.31	0.44	0.23	0.58	-0.22	0.6	0.07	0.89
Braconidae	Ab.	0.12	0.78	-0.14	0.74	0.2	0.63	-0.39	0.35	0.31	0.45	-0.02	0.96	-0.07	0.88
Microgastrinae	Ab.	0.35	0.4	0.18	0.67	0.04	0.94	-0.18	0.67	0.57	0.14	-0.3	0.47	0	1
Opiinae	Ab.	0	1	-0.29	0.48	0.22	0.61	-0.08	0.84	0.04	0.94	0.43	0.29	0.24	0.58
Cheloninae	Ab.	0.57	0.15	0.35	0.39	-0.3	0.46	-0.5	0.21	0.36	0.37	-0.67	0.08	0.09	0.83
Chalcididae	Riq.	-0.29	0.49	-0.37	0.37	0.05	0.9	-0.46	0.26	0	1	0.03	0.95	-0.6	0.12
	Ab.	0.26	0.53	0.02	0.96	-0.53	0.18	-0.42	0.3	0.61	0.11	-0.57	0.14	-0.09	0.83
Pteromalidae	Riq.	0.04	0.93	-0.16	0.7	-0.35	0.39	-0.19	0.66	0.53	0.18	0.16	0.7	0.16	0.71
	Ab.	0.32	0.43	-0.01	0.99	-0.4	0.33	-0.16	0.71	0.75	0.04	-0.11	0.8	0.29	0.5
Mymaridae	Riq.	-0.14	0.14	-0.32	0.44	0.38	0.38	0.07	0.88	0.34	0.41	0.14	0.75	0	1
	Ab.	-0.16	0.72	-0.3	0.47	0.28	0.51	-0.54	0.17	-0.3	0.47	-0.11	0.81	-0.19	0.67
<i>Gonatocerus</i> spp.	Riq.	0.02	0.97	-0.34	0.4	-0.85	0.008	-0.22	0.59	0.45	0.27	-0.38	0.35	0.43	0.29
	Ab.	-0.07	0.87	0.12	0.78	0.72	0.05	0	1	-0.42	0.3	0.05	0.91	-0.24	0.58
Encyrtidae	Riq.	0.16	0.71	-0.06	0.89	-0.66	0.07	-0.04	0.93	0.26	0.54	-0.54	0.17	0.57	0.14
	Ab.	0.44	0.27	0.23	0.59	0.22	0.61	-0.36	0.38	0.26	0.53	-0.34	0.4	0.21	0.62
<i>C. floridanum</i>	Riq.	0.57	0.14	0.56	0.15	0.95	0.95	0.3	0.47	0.45	0.26	-0.56	0.15	0.49	0.22
	Ab.	0.14	0.74	-0.1	0.81	-0.55	0.16	0.67	0.88	0.61	0.1	-0.45	0.27	0.19	0.65
<i>L. ambigua</i>	Ab.	0.12	0.79	-0.3	0.46	-0.35	0.4	-0.2	0.62	0.48	0.22	0.25	0.53	0.37	0.36
<i>Forcipestricis</i> sp.1	Ab.	0.14	0.75	0.31	0.44	0.73	0.05	0.08	0.85	-0.44	0.27	0.08	0.85	-0.01	0.99
<i>Forcipestricis</i> sp.2	Ab.	0.48	0.27	0.4	0.35	0.21	0.64	-0.35	0.42	-0.01	0.99	-0.41	0.33	0.25	0.56
<i>Forcipestricis</i> sp.3	Ab.	-0.11	0.79	0.04	0.92	0.54	0.18	-0.28	0.5	-0.37	0.36	0.12	0.77	-0.38	0.35

#### 4. Discusión

Al contrario de lo esperado, la mayor parte de los Hymenoptera parasitoides evaluados no mostraron correlación positiva con las plantas arvenses, especialmente con aquellas reportadas en la literatura como plantas melíferas. La gran mayoría de las correlaciones entre abundancia y riqueza de avispas parasitoides, y los atributos de las arvenses melíferas fueron negativas y, a pesar de que no fueron significativas, parecen indicar que aunque se incrementara el esfuerzo de muestreo, la tendencia no cambiaría, es decir, no se presentaría una correlación positiva. Dado que se presenta un efecto de la estación del año sobre la abundancia de las plantas arvenses melíferas, es preciso evaluar el efecto de ésta sobre la abundancia y composición de los himenópteros parasitoides, especialmente en la época seca (que no fue evaluada aquí), ya que es durante ésta que algunas plagas importantes, como es el caso de *L. coffeella*, tienen su pico de actividad. Las plantas arvenses pueden jugar un papel importante en el sostenimiento de las poblaciones de parasitoides, que son un factor muy importante en la mortalidad de esta plaga durante la estación seca (Pereira *et al.* 2007). Para la estación lluviosa no se encontró una correlación entre la abundancia de las arvenses melíferas y los grupos de himenópteros parasitoides evaluados.

Sin embargo, dos arvenses de la familia Asteraceae evaluadas individualmente, *G. quadriradiata* y *B. pilosa*, presentaron correlaciones altamente significativas con algunos grupos de avispas parasitoides, mostrando potencial para ser usadas en programas de conservación de enemigos naturales.

Por otro lado, se identificaron dos grupos de avispas parasitoides que tienen potencial como controladores biológicos y que también mostraron una alta correlación positiva con la abundancia o riqueza de las plantas arvenses, estos fueron *Opius* (Braconidae) y *Pimpla cf. punicipes* (Ichneumonidae). La familia Ichneumonidae, evaluada en conjunto, también mostró una alta correlación con la abundancia de *B. pilosa*, la arvense más abundante del cafetal. Esta familia comprende también varias especies importantes como controladores biológicos en cafetales (Gauld *et al.* 1998, Waller *et al.* 2007) y ha sido reportada en otros estudios como visitantes frecuentes de las inflorescencias de arvenses (Jervis *et al.* 1993, Gámez-Virúés *et al.* 2009).

La relación entre las avispas del género *Opius* y la vegetación arvenses podría explicarse por la afinidad hacia estas plantas por parte de uno de los hospederos de *Opius*, las larvas de Agromyzidae (Hanson y Gauld 2006). Estas larvas son minadoras de hojas de diferentes especies de plantas, incluyendo arvenses (Borror *et al.* 1992). Por otro lado, las larvas de Tephritidae, también hospederas de *Opius*, se alimentan principalmente de frutos (Borror *et al.* 1992). Si la correlación de *Opius* con la vegetación se explicara por los hábitos de sus hospederos, se esperaría que existiera una alta correlación entre la abundancia y riqueza de las avispas del género *Opius*, y la abundancia y riqueza de la vegetación arbórea, especialmente de los frutales. Este tipo de árboles se encuentran haciendo parte de la sombra del cafetal, o en los alrededores de los lotes; sin embargo, no se encontró correlación entre la abundancia de los árboles frutales, y la abundancia y riqueza de las avispas del género *Opius*. Una posibilidad alternativa es que estas avispas visiten la vegetación arvense en busca de néctares florales, especialmente de *G. quadriradiata*, cuya abundancia se encuentra altamente correlacionada con la abundancia de *Opius*.

En general, las avispas del género *Pimpla* son parasitoides de pupas de lepidópteros ocultas en hojas, hojarasca, hojas enrolladas en vegetación herbácea, o en el suelo (Gauld *et al.* 1998). Los adultos de la especie aquí encontrada, *Pimpla cf. punicipes*, han sido criados de pupas de *Spodoptera* (Gauld *et al.* 1998). Los lepidópteros de este género han sido reportados en cafetales consumiendo hojas y otras partes de la planta de café (Zamora 1998, y Cárdenas y Posada 2001), por lo cual *Pimpla cf. punicipes*, se constituye en un controlador biológico potencial. En el cafetal estudiado esta especie de avispa es bastante abundante (Vargas en preparación), sin embargo, no se ha encontrado visitando las arvenses del lugar (Vargas en preparación).

Dado que la abundancia de las avispas parasitoides aquí evaluadas corresponden a capturas con trampa Malaise, es deseable confirmar la visita, y consumo de néctar de las inflorescencias de las plantas arvenses por parte de *Opius* y *Pimpla cf. punicipes*, mediante el estudio del comportamiento de los adultos. Además, sería necesario un análisis taxonómico más fino de los especímenes visitando las arvenses, para determinar si los hospederos de estos parasitoides son insectos de importancia económica en el cafetal estudiado, especialmente en el caso de *Opius*.

La abundancia del encírtido *Lamennaisia ambigua* está correlacionada también de manera positiva con la abundancia de *G. quadriradiata*. Esta avispa se ha reportado parasitando *Bruchus brachialis* (Chysomelidae: Bruchinae) y *Melanophthalma* sp. (Lat) (Noyes en Hanson y Gauld 2006), coleópteros de poca importancia económica en cafetales. *Bidens pilosa*, cuya abundancia se encontró altamente correlacionada con la abundancia de los ichneumónidos, es reconocida como una arvense importante en la conservación de enemigos naturales (Morton 1962, Mexzón 1997), y en el cafetal estudiado presenta una alta frecuencia de visitas de parasitoides (Vargas en preparación).

La mayoría de las arvenses que forman parte de las que se consideran aquí como “melíferas” corresponden a plantas reconocidas como tal en la literatura, debido a su alta producción de néctar y a las visitas frecuentes de abejas productoras de miel a sus inflorescencias. Aunque se sabe que muchos parasitoides son visitantes frecuentes de fuentes de néctar (Jervis *et al.* 1993), éste no siempre es consumido, pues debe existir coincidencia entre la morfología floral y la de las estructuras bucales de las avispas parasitoides, para que se dé la extracción del recurso (Patt *et al.* 1997). Por otro lado, el néctar no siempre se encuentra disponible para las avispas parasitoides, debido a la presencia de competidores, generalmente de mayor tamaño, que lo remueven, reduciendo los beneficios para los parasitoides (Lee y Heimpel 2008). Lo anterior puede disuadir a las avispas parasitoides de visitar plantas frecuentadas por abejas melíferas. Esto debe tenerse en cuenta al momento de escoger las plantas que serán usadas con el interés de ofrecer fuentes de néctar a los himenópteros parasitoides en el cafetal.

*Bidens pilosa* y *G. quadriradiata* pertenecen a Asteraceae, una de las familias que comprenden el mayor número de arvenses de ocurrencia frecuente en cafetales (cerca del 50% del total) (Gómez y Rivera 1995). Se ha encontrado que algunos parasitoides se ven limitados, en el caso de las flores de Asteraceae, para acceder a los nectarios. Estos se encuentran ubicados en la base de corolas tubulares y parcialmente escondidos por los pétalos, impidiendo el acceso a las avispas con cabeza y tórax más grande que la distancia entre el estilo y la corola, y con estructuras bucales cortas (Patt *et al.* 1997). A pesar de esto, las plantas de esta familia son visitadas por himenópteros parasitoides de diversos tamaños (Vargas en prep.). Sería interesante

estudiar la morfología de las avispas parasitoides visitando las arvenses en estudio y determinar si estas estructuras permiten el acceso a las fuentes de néctar, que, como en el caso de Asteraceae, se encuentran parcialmente escondidos. Fiedler y Landis (2007) reportaron también las mayores abundancias de estos enemigos naturales en las asteráceas usadas en conservación. *Galinsoga quadriradiata*, a pesar de no ser muy mencionada en la literatura referente a la conservación de enemigos naturales dentro del control biológico, es una planta que presenta una alta frecuencia de colecta en el cafetal estudiado (Vargas en prep.) y una correlación positiva con la abundancia de avispas parasitoides.

Aunque parece deseable una gran abundancia de plantas como *B. pilosa* o *G. quadriradiata* para promover la abundancia de ciertos grupos de avispas parasitoides, serían necesarios estudios que evalúen la atracción y el efecto de la abundancia de éstas plantas en otros grupos de insectos. Se ha encontrado, por ejemplo, que un incremento en la diversidad de enemigos naturales puede resultar en depredación al interior de los gremios alimenticios, entre enemigos naturales comunes (Straub *et al.* 2008). Por otro lado, puede resultar también en efectos positivos para los herbívoros asociados al cafetal, y en especial para aquellos que se deseen controlar (Begum *et al.*, 2004, Lavandero *et al.*, 2006, Fiedler y Landis 2007). Por ejemplo, *Lobularia marítima* L., una planta que resulta muy atractiva para varios grupos de avispas parasitoides y recomendada en conservación de enemigos naturales (Begum *et al.* 2006, Gámez-Virúés *et al.* 2008, Rohrig *et al.* 2008) ha mostrado ser también bastante atractiva para herbívoros de importancia económica (Fiedler y Landis 2007). En el caso del café, se sabe que los adultos de *L. coffeella*, una de las plagas más importantes, consumen néctares florales (Lomeli-Flores 2007).

Por otro lado, debe vigilarse la abundancia y crecimiento de *B. pilosa* ya que a pensar de su importancia como fuente de néctar, junto con otras arvenses también comunes en el cafetal, como *Spermacoce assurgens*, *Oxalis corniculata* y *Cyperus rotundus*, es hospedera de nemátodos de importancia económica, como *Meloidogyne* spp. (Bendixen 1979, Nilsson-Laurito *et al.* 2005). En Costa Rica, la raíz de los cafetos es atacada principalmente por *M. exigua* y *M. arabicida* (Rojas 2008).

Lo encontrado en este estudio presenta una visión general de la correlación existente entre la abundancia y riqueza de himenópteros parasitoides y los atributos de la vegetación acompañante del cultivo. Debido a que no se evidenció directamente la visita a las inflorescencias, ni el consumo del néctar de las arvenses, por parte de las avispas parasitoides, son necesarios estudios más detallados de comportamiento de los parasitoides para los cuales su abundancia y/o riqueza se vio positivamente correlacionada con la abundancia y/o riqueza de las arvenses evaluadas.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Contrario a lo esperado, la mayor parte de los Hymenoptera parasitoides evaluados no mostraron correlación positiva con las plantas arvenses, especialmente con aquellas reportadas en la literatura como plantas melíferas. Sin embargo, es necesario realizar una evaluación del efecto, principalmente de la estación seca, en la abundancia de las arvenses melíferas y en consecuencia de la correlación con la abundancia y composición de los himenópteros parasitoides del cafetal estudiado.

Sólo para dos arvenses, *Bidens pilosa* y *Galinsoga quadriradiata*, se encontraron altas correlaciones con la abundancia y/o riqueza de grupos de avispas parasitoides, mostrando potencial para ser usadas en programas de conservación de enemigos naturales.

La vegetación arvense mostró mayor correlación con la abundancia y riqueza de la comunidad de avispas parasitoides, que la vegetación arbórea asociada al cafetal en estudio.

La riqueza y abundancia de las arvenses, en especial las de la familia Asteraceae, mostraron correlaciones positivas con algunos grupos de avispas parasitoides.

La vegetación arvense mostró una correlación fuerte con las avispas parasitoides *Pimpla cf. punicipes* (Ichneumonidae) y para los bracónidos del género *Opius*. Es probable que algunos de estas avispas parasitoides visiten las arvenses en busca de los recursos alimenticios ofrecidos por sus inflorescencias.

Es necesario realizar capturas y observación del comportamiento de las avispa parasitoides de las flores de las arvenses en estudio, con el fin de verificar el si utilizan los recursos florales de estas plantas como fuentes de alimento.

Son necesarios estudios que evalúen la atracción y el efecto de la abundancia de *B. pilosa* y *G. quadriradiata* en otros grupos de insectos, como los herbívoros de importancia económica en el cafetal, antes de ser incluidas y usadas en programas de conservación de enemigos naturales.

## 6. Literatura citada

Alcorn, J.B. 1983. El Te'lom huasteco: presente, pasado y futuro de un sistema de silvicultura indígena. *Biótica*, 8:315-331.

Bendixen, L.E., D.A. Reynolds & R.M. Reidel. 1979. An annotated bibliography of weeds as reservoirs for organisms affecting crops. I. Nematodes. Ohio Agriculture Research and Development Center, Research Bulletin 1109. 64p.

Beer, J. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5: 3-13.

Begum, M., G., M. Gurr, S. D. Wratten & H. I. Nicol. 2004. Flower color affects tri-trophic-level biocontrol interactions. *Biological Control* 30: 584-590.

Begum, M. G., M. Gurr, S. D. Wratten, P. R. Hedberg & H. I. Nicol. 2006. Using selective food plants to maximize biological control of vineyard pests. *Journal of Applied Ecology*. 43: 547-554.

Borrero, J.H. 1986. La sustitución de cafetales por caturrales y su efecto negativo sobre la fauna de vertebrados. *Caldasia* 15:725-732.

Borror, J. D., C. A. Triplehorn & N. F. Johnson. 1992. An introduction to the study of insects. Sexta edición. Harcourt Brace College Publishers, New York. USA. 875p.

Cardenas, M.R. & F. J. Posada. 2001. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Colombia. 250p.

Casas, J., G. Driessen, N. Mandon, S. Wielaard, E. Desouhant, J.V. Alphen, L. Lapchin, A. Rivero, J.P. Christides & C. Bernstein. 2003. Energy dynamics in a parasitoid foraging in the wild. *J. Animal Ecol.* 72: 691-697.

ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

Faminow, M. D. & E. Ariza. 2001. Biodiversity of flora and fauna in shaded coffee systems. Report prepared for the Commission for Environmental Cooperation. International Centre for Research in Agroforestry. Latin American Regional Office. Lima, Peru. 36p. [http://www.cec.org/Storage/45/3697\\_ICRAF2e1\\_EN.PDF](http://www.cec.org/Storage/45/3697_ICRAF2e1_EN.PDF) (Consulta: marzo 7 de 2011).

Faria, C. 2005. The nutritional value of aphid honeydew for parasitoids of lepidopteran pests. Ph. D. Thesis. Neuchatel, Switzerland. 121p.

Fiedler A. K. & D. A. Landis. 2007. Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants. *Environ. Entomol.* 36(4): 878-886.

Frank, J. H., J. P. Parkman & F. D. Bennett. 1995. *Larra bicolor* (Hymenoptera: Sphecidae), a biological control agent of *Scapteriscus mole* crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae), established in Northern Florida. *Florida Entomologist* 78(4): 619-623.

Fraser, S.E.M., C. Dytham & P.J. Mayhew. 2007. Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. *Journal of Applied Ecology.* 44(2): 352-361.

Fraser, S. E. M., C. Dytham, P. J. Mayhew, D. Mouillot, B. J. & Anderson. 2008. Community structure in ichneumonid parasitoids at different spatial scales. *Oecologia* 157: 521-530.

Gámez-Virués S., G. Gurr, A. Raman, J. La Salle & H. Nicol. 2008. Effects of flowering groundcover vegetation on diversity and activity of wasps in a farm shelterbelt in temperate Australia. *BioControl* 54: 211-218.

Gauld, I.D., J.A. Ugalde G. & P. Hanson 1998. Guía de los Pimplinae de Costa Rica (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Revista de Biología Tropical* 46 (Suppl.1): 1-189.

Gómez, A. & J.H. Rivera. 1995. Descripción de arvenses en plantaciones de café. CENICAFE. Chinchiná, Colombia. CENICAFE, 490p.

Grandgirard, J., M. S. Hoddle, J. N. Petit, G. K. Roderick & N. Davies. 2008. Engineering an invasion: classical biological control of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis*, by the egg parasitoid *Gonatocerus ashmeadi* in Tahiti and Moorea, French Polynesia.

Greenberg, R. 1994. Phenomena, comments, and notes. *Smithsonian* 11: 24-26.

Hall, S. 2001. Biodiversity Conservation in Agroecosystems: A comparison of surface-dwelling beetle diversity in various shade coffee production systems in Costa Rica. MES Major Paper, Faculty of Environmental Studies, York University, Toronto.

Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D.Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Hanson, P. 1991. Los parasitoides asociados al cafeto en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. No. 20-21: 8-10.

Hanson, P.E. & I.D. Gauld (eds.). 2006. Hymenoptera de la Región Neotropical. *Mem. American Entomol. Inst.* 77: 1-994.

Hays, R., C. Summers & S. William. 1981. Estimating wildlife habitat variables. *Fish & Wildlife Service. FWS/OBS-81/47*. 111p.

- Heimpel, G.E. & T.R. Collier. 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. *Biological Reviews*. 71: 373–400.
- Heimpel G.E., J.A., Rosenheim & D. Kattari. 1997. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 305–315.
- Idoine, K. & D. N. Ferro. 1988. Aphid honeydew as a carbohydrate source for *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae). *Environ. Entomol* 941–944.17.
- Idris, A.B. & E. Grafius. 1995. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of Diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environ. Entomol.* 24: 1726-1735.
- Jacob, H.S. & E.W. Evans. 1998. Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 27: 1563-1568.
- Jervis, M.A., N.A.C. Kidd & M. Walton. 1992. A review of methods for determining dietary range in adult parasitoids. *Entomophaga* 37: 365-574.
- Jervis, M.A., N.A.C. Kidd, M.G. Fitton, T. Huddleston & H.A. Dawah. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *J. Nat. Hist.* 27: 67-105.
- Jervis, M.A., N.A.C. Kidd & G.E. Heimpel. 1996. Parasitoid adult feeding behaviour and biocontrol. A review. *Biocontrol News and Information* 17: 11N–26N.
- Karanja, R.H.N., G.N. Njoroge, M.W. Gikungu & L.E. Newton. 2010. Bee interactions with wild flora around organic and conventional coffee farms in Kiambu District, Central Kenya. *Journal of Pollination Ecology* 212(2): 7-12.
- Koptur, S. 1994. Floral and extrafloral nectars of Costa Rican *Inga* trees: a comparison of their constituents and composition. *Biotropica* 26: 276-284.

Lavandero, B., S. D. Wratten & R. K. Didham. 2006. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: a double-edged sword? *Basic and Applied Ecology*. 7: 236-243.

Lee, J.C. & G.E. Heimpel. 2002. Nectar availability and parasitoid sugar feeding. 1st. Int. Symp. Biol. Control Arthropods. Bugwood, Honolulu, Hawaii, USA.

Lee, J. C. & G.E. Heimpel. 2008. Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity. *BioControl* 53: 289-294.

Lomeli-Flores, Refugio. 2008. Natural enemies and mortality factors of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) in Chiapas, Mexico. Tesis Doctoral. Universidad de Texas A&M. Disponible electrónicamente en <http://hdl.handle.net/1969.1/85837>. (Consulta: Septiembre 18 de 2011).

MAG. 2002. Reglamento para la producción, industrialización y comercialización del café sostenible. No. 3098-MAG. San José, Costa Rica. Publicado en la Gaceta # 23, 3 de febrero de 2003.

Matteuci, S. D. & A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C., EEUU. 168p.

Mexzón, R. 1997. Pautas de manejo de las malezas para incrementar las poblaciones de insectos benéficos en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin). *Agron. Mesoamericana* 8: 21-32.

Moguel, P., & Toledo, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1): 1-11.

Morton, J. F. 1962. Spanish needles (*Bidens pilosa* L.) as a wild food resource. *Econ. Bot.* 16(3): 173-179.

Nilsson-Laurito, V., P. Sánchez-Vindas & R. Manfredi-Abarca. 2005. Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos. 1ª Ed. San José, Costa Rica. Herbario Juvenal Valerio Rodríguez, 270p.

Norris, R.F. & M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Sci.* 48: 94-158.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Patt, J. M., G. C. Hamilton & J. H. Lashomb. 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. *Entomología Experimentalis et Applicata* 83: 21-30.

Pereira, E.J.G., M.C. Picanço, L. Bacci, A. L. B. Crespo & R. N. C. Guedes. 2007. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. *Bulletin of Entomological Research* 97, 421–432.

Perfecto, I. & R. Snelling. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5: 1084-1097.

Perfecto, I., Rice, R.A., Greenberg, R. & Van der Voort, M.E. 1996. Shade Coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 46(8): 598-608.

Perfecto, I. & J. Vandermeer. 2002. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology* 16: 174-182.

Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch & J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239-1252.

Philpott, M.S. & I. Ambrecht . 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31: 369-377.

Philpott, M. S., I. Perfecto & J. Vandermeer. 2008. Effects of predatory ants on lower trophic levels across a gradient of coffee management complexity. *Journal of Animal Ecology* 77: 505 – 511.

Philpott, M.S. , O. Soong, J.H. Lowenstein, A.L. Pulido, D. Tobar, D.F.B. Flynn & F. DeClerck. 2009. Functional richness and ecosystem services: bird predation on arthropods in tropical agroecosystems. *Ecological Applications* 19(7): 1858-1867.

Rivera P. H. & A. A. Gómez, 1992. El sombrío de los cafetales protege los suelos de la erosión. Chinchiná, CENICAFE. 8 p. (Avances Técnicos CENICAFE N° 177).

Rivera, L. & I. Ambrecht. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1): 89-96.

Rohrig, E., J. Sivinski & R. Wharton. 2008. Comparison of parasitic Hymenoptera captured in Malaise traps baited with two flowering plants, *Lobularia maritime* (Brassicales: Brassicaceae) and *Spermacoce verticillata* (Gentianales: Rubiaceae). *Florida Entomologist* 91(4):621-627.

Rojas, M. 2008. Avance sobre la caracterización morfológica y molecular de especies de *Meloidogyne* en cafetales de Costa Rica. En: Memoria del II Simposio Nacional de Caficultura, Instituto del Café de Costa Rica. Barva, Heredia, mayo 2008. 11 p.

Sääksjärvi, I., K. Ruokolainen, H. Tuomisto, S. Haataja, P. V. A. Fine, V. Vargas, G. Cardenas & I. Mesones. 2006. Comparing composition and diversity of parasitoid wasps and plants in an Amazonian rain-forest mosaic. *Journal of Tropical Ecology* 22:167-176.

- Sherbrooke W. C. y J. C. Scheerens. 1979. Ant-visited extrafloral (calyx and foliar) nectarines and nectar sugars of *Erythrina flabelliformis* Kearney in Arizona. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 66: 472-481.
- Siekmann, G, M. A. Keller & B. Tenhumberg. 2004. The sweet tooth of adult parasitoid *Cotesia rubecula*: Ignoring hosts for nectar? *Journal of Insect Behavior* 17 (4): 459-476.
- Straub, C.S., D. L. Finke & W. E. Snyder. 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? *Biol. Control* 45: 225-237.
- Syme, P.D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. *Environ. Entomol.* 4: 337-346.
- Takasu, K., W.J. Lewis 1996. The role of learning in adult food location by the larval parasitoid, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Behavior* 9: 265-281.
- Van Bael, S.A., S.M. Philpott, R. Greenberg, P. Bichier, N.A. Barber, K.A. Mooney & D.S. Gruner. 2008. Birds as predators in tropical agroforestry systems. *Ecology* 89(4): 928-934.
- Vandermeer, J., I. Perfecto and S. M. Philpott. 2008. Clusters of ant colonies and robust criticality in a tropical agroecosystem. *Nature* 451: 457-459.
- Vargas, G. Parasitoides (Insecta: Hymenoptera) atraídos a fuentes naturales y artificiales de azúcares en una plantación de café (*Coffea arabica* L.) sostenible. En preparación.
- Verhoeven, K.J.F., Simonsen, K. y McIntyre, L.M. 2005. Implementing false discovery rate control: increasing your power. *Oikos* 108: 643-647.
- Wäckers, F.L., W.J. Lewis, 1994. Olfactory and visual learning and their combined influence on host site location by the parasitoid *Microplitis croceipes* (Cresson). *Biological Control* 4: 105-112.

Waller J. M., M. Bigger & R. J. Hillocks (eds.). 2007. Coffee pests, diseases and their management. CABI Pub. Wallingford, UK. 434p.

Wratten S.D., B. I. Lavandero, J. Tylianakis, D. Vattala, T. Cilgi & R. Sedcole. 2003. Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity. *New Zealand Plant Prot.* 56: 239-245.

Zamora, Q. L. 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Instituto del Café de Costa Rica. 195p.

Znajda, S.K. 2000. Hábitat conservation, avian diversity, and coffee agrosystems in southern Costa Rica. MSc Thesis. York Univesity. 144p.

**7. Anexo 1.** Árboles asociados a una plantación de café sostenible, en Palmichal Costa Rica.

<b>Especies</b>	<b>familia</b>	<b>Abundancia relativa (%)</b>
<i>Yuca guatemalensis</i> Baker	Agavaceae	12,97
<i>Eucaliptus</i> sp.1	Myrtaceae	9,37
<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	Fabaceae/Pap.	6,20
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	6,05
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltld.	Solanaceae	4,90
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae/Pap.	4,18
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae/Mim.	3,89
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	3,03
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2,74
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	2,59
<i>Myrsine pellucidopunctata</i> Oerst.	Myrsinaceae	2,59
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	Euphorbiaceae	2,31
<i>Cestrum</i> sp.1	Solanaceae	2,31
<i>Acacia</i> sp.1	Fabaceae/Mim.	2,02
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	1,87
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC.	Melastomataceae	1,73
<i>Citrus</i> sp.1 (limon mandarino)	Rutaceae	1,73
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Tiliaceae	1,73
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Rutaceae	1,44
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	1,30
<i>Clethra mexicana</i> DC.	Clethraceae	1,30
<i>Croton draco</i> Schltld. & Cham.	Euphorbiaceae	1,15
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	1,01
<i>Sorocea tropoides</i> W. C. Burger	Moraceae	1,01
<i>Solanum</i> sp.1	Solanaceae	1,01
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Myrsinaceae	0,86
<i>Hauya elegans</i> DC.	Onagraceae	0,86
<i>Rondeletia buddleioides</i> Benth	Rubiaceae	0,86
<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.	Euphorbiaceae	0,72
<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae/Mim.	0,72
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	0,72
<i>Cedrela fisilis</i> Vell.	Meliaceae	0,72
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	0,58
<i>Cinnamomun cinnamomifolium</i> (Kunth) Kosterm.	Lauraceae	0,58
<i>Eugenia</i> sp.2	Myrtaceae	0,58
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	0,58
<i>Siparuna</i> sp.1	Siparunaceae	0,58
<i>Symplocos chiriquensis</i> Pittier	Symplocaceae	0,58
<i>Miconia</i> sp.1	Melastomataceae	0,43

<i>Ficus colubrinae</i> Standl.	Moraceae	0,43
<i>Ficus costaricana</i> (Liebm.) Miq.	Moraceae	0,43
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae	0,43
<i>Piper auritum</i> Kunth	Piperaceae	0,43
<i>Citrus reticulata</i> Blanco (mandarina)	Rutaceae	0,43
<i>Saurauia yasicae</i> Loes.	Actinidiaceae	0,29
<i>Tapirira myriantha</i> Triana & Palnch.	Anacardiaceae	0,29
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Annonaceae	0,29
<i>Alstonia pittieri</i> (Donn. Sm.) A. Gentry	Apocynaceae	0,29
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Apocynaceae	0,29
<i>Senna</i> sp.1	Fabaceae/Caes.	0,29
<i>Inga oerstediana</i> Benth. ex Seem.	Fabaceae/Mim	0,29
<i>Erythrina berteriana</i> Urb.	Fabaceae/Mim.	0,29
<i>Inga tonduzii</i> Donn. Sm.	Fabaceae/Mim.	0,29
<i>Lonchocarpus oliganthus</i> J. F. Herm.	Fabaceae/Pap.	0,29
<i>Casearia</i> sp.1	Flacourtiaceae	0,29
<i>Xilosma</i> sp.1	Flacourtiaceae	0,29
<i>Cinnamomum</i> sp.1	Lauraceae	0,29
<i>Ocotea</i> sp.1	Lauraceae	0,29
<i>Miconia aeruginosa</i> Naudin	Melastomataceae	0,29
<i>Miconia</i> sp.2	Melastomataceae	0,29
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Meliaceae	0,29
<i>Citrus limettioides</i> Tanaka (limón dulce)	Rutaceae	0,29
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	0,14
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	0,14
<i>Pereskia</i> sp.1	Cactaceae	0,14
<i>Viburnum stellatomentosum</i> (Oerst.) Hemsl.	Caprifoliaceae	0,14
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	0,14
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	0,14
<i>Inga punctata</i> Willd.	Fabaceae/Mim.	0,14
<i>Lonchocarpus</i> sp.1	Fabaceae/Pap.	0,14
<i>Blakea</i> sp.1	Melastomataceae	0,14
<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	Melastomataceae	0,14
<i>Mollinedia viridiflora</i> Tul.	Monimiaceae	0,14
<i>Ficus</i> sp.1	Moraceae	0,14
<i>Eugenia</i> sp.1	Myrtaceae	0,14
<i>Psichotria</i> sp.1	Rubiaceae	0,14
<i>Allophylus psilospermus</i> Radlk.	Sapindaceae	0,14
<i>Cupania glabra</i> Sw.	Sapindaceae	0,14
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	0,14
<i>Solanum</i> sp.2	Solanaceae	0,14
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Ulmaceae	0,14
<i>Citharexylum viride</i> Moldenke	Verbenaceae	0,14