

Diversidad de avispas parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia

Diversity of parasitoid wasps in an organic silvopastoral system for cattle production in Colombia

López, L.;^{1*} Armbrecht, I.;¹ Montoya-Lerma, J.¹ y Molina, E. J.²

¹Universidad del Valle
Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia.

² Reserva Natural El Hatico Fundación CIPAV
Carrera 26 No. 6-62, Cali, Colombia.

*Correspondencia: lorelopezq.257@gmail.com

Resumen

En el sistema silvopastoril de la Reserva Natural El Hatico (RNEH) en El Cerrito, Valle (Colombia), las legumbres del algarrobo (*Prosopis juliflora*), se utilizan como alimento para bovinos. Sin embargo, desde 2006, la polilla *Eccopsis galapagana* (Lepidoptera: Tortricidae), afecta el follaje y la producción de legumbres. Motivados por el brote poblacional de esta polilla, se propuso identificar las especies de parasitoides, su distribución, su densidad y relacionarlas con el hábitat y el daño del insecto sobre *P. juliflora*. Se capturaron himenópteros, utilizando platos amarillos ubicados en 24 árboles de algarrobo escogidos al azar, en cuatro lotes dentro del sistema silvopastoril y al interior del bosque adyacente (control). Se midió el porcentaje de herbivoría, por *E. galapagana*; la cobertura del dosel de cada árbol muestreado, la temperatura y se determinó la composición vegetal de cada lote. De un total de 1,376 parasitoides —pertenecientes a siete superfamilias, 18 familias y 42 morfoespecies— el 71% se identificó hasta género. La superfamilia más representativa fue Chalcidoidea, y Encyrtidae la familia más abundante. Se encontró una relación positiva entre composición, cobertura ve-

Abstract

El Hatico Natural Reserve (EHNR) in El Cerrito, Valle (Colombia), has silvopastoral systems, in which carob trees *Prosopis juliflora* (Fabaceae) legumes are used to feed cattle. However, since 2006, the *Eccopsis galapagana* moth (Lepidoptera: Tortricidae) has been affecting the foliage and legume production. Motivated by the outbreak of the moth population, a proposal was raised to identify species of parasitoids, their distribution, density, their relation to the environment and the damage caused over *P. juliflora*. Yellow pan-traps were set up on 24 carob trees randomly chosen in four lots inside the silvopastoral system and inside the forest (control) to catch Hymenoptera. Other variables measured were percentage of herbivory due to *E. galapagana*, canopy cover for each tree, temperature and plant composition in each lot. A total of 1,376 parasitoids were caught, grouped in seven superfamilies, 18 families and 42 morphospecies of which 71% were identified to genera. The most representative superfamily was Chalcidoidea, and Encyrtidae was the most abundant family. A positive relationship was found between plant composition and abundance of parasitoids, although this

getal y abundancia de parasitoides; pero esto no se tradujo en una disminución de los porcentajes de herbivoría por la polilla.

Palabras clave

Algarrobo, polillas plaga, himenóptera parasítica, control biológico, herbivoría.

abundance didn't translate as a decrease on the herbivory percentage by the moth.

Key words

Carob tree, moth plague, parasitic hymenoptera, biological control, herbivory.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles son medios productivos que utilizan especies leñosas (árboles, arbustos, palmas, entre otros) en asociación con cultivos agrícolas y/o con animales en el mismo terreno. La presencia de animales pastando-ramoneando entre o bajo los árboles —que pueden ser de diferente clase— corresponde a este tipo específico de agroecosistema, el cual: garantiza la estabilidad de la productividad del suelo, logra una alta producción, variado rendimiento y aumenta la provisión de forraje nutritivo a la ganadería (Mahecha, 1998).

Este tipo de manejo se practica en la actualidad dentro de la Reserva Natural El Hatico (RNEH), El Cerrito (Valle del Cauca), donde se mantienen permanentemente cultivos orgánicos de caña de azúcar, intercalados con un sistema silvopastoril con árboles forrajeros integrados al componente pecuario. Esta zona cuenta con alta diversidad floral por la presencia de plantas ornamentales, un amplio jardín establecido hace varias décadas cerca de la vivienda y un fragmento de bosque primario de 15 ha (Molina, Com. Pers., 2010).

El algarrobo, *Prosopis juliflora* [(Sw.) DC., 1825 (Fabaceae: Mimosoideae)] juega un papel importante dentro del sistema silvopastoril de la RNEH, porque representa un tercer estrato de tipo arbóreo en el perfil vegetal. Esta leguminosa produce una cantidad de frutos, entre 18.40 kg/árbol (Santos *et al.*, 1996) y 35 kg/árbol (Ramírez, 1997), que en épocas de sequía es invaluable alimento para el ganado. Recientemente, en la RNEH se registró un brote de un microlepidóptero Tortricidae, identificado como *Eccopsis galapagana* (Razowski *et al.*, 2008). Las larvas de esta polilla se alimentan de las hojas de *P. juliflora* y, al parecer, han disminuido la producción de legumbres de las plantas en un 80% en los últimos seis años (Molina, Com. Pers., 2010).

Por su importancia como plaga potencial del sistema, Reyes *et al.* (2010) estudiaron el ciclo de vida de la polilla y reportaron varias especies de himenópteros parasitoides como potenciales enemigos naturales. Motivados por dichos hallazgos, se realizó el presente estudio, dirigido a evaluar la diversidad de himenópteros parasíticos en la reserva como un primer paso para, eventualmente, establecer un plan de manejo ecológico de la polilla del algarrobo. Dada la existencia de un bosque primario adyacente al sistema silvopastoril y el manejo orgánico de éste, se creó esta hipótesis: que debería existir una alta diversidad de parasitoides en la RNEH; que la distancia al bosque afecta esta riqueza y que a mayor abundancia de parasitoides, menor daño por la polilla.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Reserva Natural El Hatico (RNEH), tiene 288 ha, pertenece a la red de Reservas de la Sociedad Civil, municipio de El Cerrito, departamento del Valle del Cauca, Colombia (3° 27'N y 76° 32'O), a 1,000 msnm; con precipitación anual promedio de 750 mm, distribuida bimodalmente (abril-mayo y octubre-noviembre); temperatura promedio de 24°C y humedad relativa de 75% (Mahecha, 1998). Ecológicamente se sitúa en una zona, según Holdridge (1978), de Bosque Seco Tropical (bs-T).

Dentro de la reserva existe un fragmento de bosque primario de 15 ha, el cual comparte límites con los sistemas manejados; específicamente, cultivo orgánico de caña, sistema silvopastoril y la zona más alejada del bosque (900 m). Esta última, además de ser utilizada para pastoreo, cuenta con una variedad de plantas ornamentales; entre otras: palmas sanconas [*Syagrus sancona* H. Karst, 1857 (Arecaceae)] y reales [*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, 1900 (Arecaceae)], samanes [*Albizia saman* (Jacq.) F. Muell, 1876 (Fabaceae)] y pomarrosos [*Syzygium malaccense* (L.) Merr. y L. M. Perry, 1938 (Myrtaceae)].

Esta zona es muy diversa y comprende todo el jardín y la vivienda que ha sido utilizada durante nueve generaciones. Los lotes del sistema silvopastoril contienen pastos estrella [*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg., 1907 (Poaceae)] y guinea [*Panicum maximum* (Jacq) B. K. Simon y S. W. L. Jacobs, 1781 (Poaceae)], intercalados con más de 18 especies de árboles y arbustos, incluyendo leucaena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit., 1961 (Fabaceae)] para pastoreo y algarrobo (*P. juliflora*); sin embargo, para este estudio se tuvieron en cuenta sólo lotes, sin leucaena como complemento de los pastos.

Fase de campo

Durante una salida piloto se escogieron y geo-referenciaron con un GPS (Garmin® modelo Etrex) cuatro lotes, de aproximadamente 8,000 m² cada uno, a diferentes distancias del fragmento de bosque de la reserva. El primer lote al borde del bosque (10 m), los dos siguientes a 225 m y 450 m; y, el último, con la distancia máxima posible con relación al bosque (900 m). En cada uno se realizó un conteo de árboles de *P. juliflora*. Posteriormente, se efectuaron dos muestreos o salidas de campo; cada uno de cuatro días, en las últimas semanas de febrero (periodo seco) y mayo (lluvias) de 2010. Se escogieron —en cada lote y de forma aleatoria— seis árboles (24 en los cuatro lotes); se geo-referenciaron y se marcaron con placas metálicas de 3 x 4 cm para llevar un registro individual.

Luego, se tomaron nueve muestras de trozos de ramas (n=3 por cada estrato del árbol), de aproximadamente 20 cm, a partir de tres estratos verticales (bajo, medio y alto), de 33% cada uno, del área de follaje del árbol. Dado lo pequeño de los folíolos de *P. juliflora* (hojas compuestas y bipinnadas), el porcentaje de herbivoría se calculó mediante el

conteo de cada hoja que presentase alguna evidencia de daño por la polilla del algarrobo y se dividió sobre el número total de hojas en cada trozo de rama colectada.

Para la captura de himenópteros parasitoides, se realizó lo siguiente: en cada árbol marcado se sujetaron, a dos m de altura, platos plásticos esféricos amarillos (20 cm de diámetro) impregnados con aceite de ricino (matriz adherente) (Campos *et al.*, 2000; García, 2003). Como muestreo testigo se distribuyeron otros seis platos en árboles, escogidos al azar, a lo largo de un transecto de 40 m, a 20 m en el interior del bosque. Se tomaron medidas del porcentaje de cobertura del dosel debajo de cada árbol de algarrobo, con un densitómetro esférico de vegetación; y se registró, en cada lote, la temperatura a un metro de distancia con respecto al tronco del árbol y a la misma distancia del suelo.

Determinación taxonómica

La identificación de las especies vegetales se hizo en el Herbario de la Universidad del Valle (CUVC); mientras que la de los himenópteros, en el Museo de Entomología de esta universidad (MUSENUV), utilizando las claves de Gibson *et al.* (1997) y Fernández y Sharkey (2006).

Análisis de datos

Se tuvo en cuenta dos factores: época climática (seca y lluviosa) y sistemas de manejo (silvopastoril y bosque). Dentro del sistema silvopastoril se consideraron cuatro condiciones, de acuerdo a la distancia respecto al bosque: Borde (10 m), Cercano (225 m), Medio (450 m) y Lejano (900 m). Después de determinar la riqueza de especies y el número de ejemplares colectados, se calculó el índice de Shannon (H') y de equitatividad (E) para los himenópteros parasitoides colectados en los cuatro lotes, a diferentes distancias del bosque; así como en el sistema natural (bosque primario), y se compararon en pares mediante una prueba t-student, empleando el *software* PAST 1.73b (Hammer *et al.*, 2001). Se hizo un análisis de agrupamiento basado en el índice de similitud de Bray Curtis, con PAST 1.73b (Hammer *et al.*, 2001).

El nivel de efectividad del muestreo se evaluó mediante curvas de rarefacción para cada sistema (silvopastoril y bosque), usando los valores observados de abundancia, promediando los estimadores no paramétricos ICE, Chao 2 y Jackknife 2, empleando el *software* EstimateS v. 8.0 (Colwell, 1997). Con el objetivo de examinar si existía interacción entre los dos factores evaluados (época climática y sistema de manejo), se realizó una ANOVA factorial con la riqueza por árbol como variable respuesta, mediante el *software* Statistica 7.0 (StatSoft, 1995). La relación entre cobertura vegetal, riqueza de plantas y abundancia de parasitoides se calculó por el índice de correlación de Pearson (r) (Pearson, 1977).

Por último, se hizo una prueba t-student para comparar la cobertura vegetal medida en las dos épocas climáticas y una ANOVA de una vía para identificar diferencias entre la herbivoría de los diferentes lotes y sistemas empleando el *software* Statistica 7.0 (StatSoft, 1995).

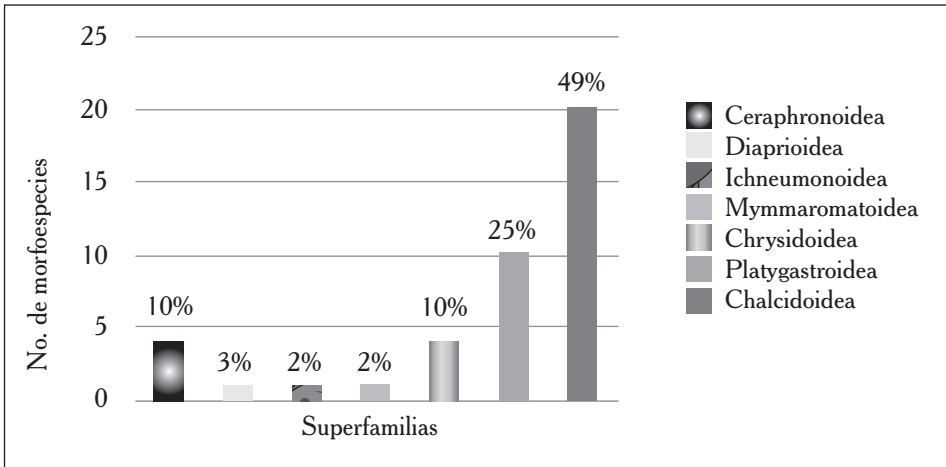
Resultados

Composición general de parasitoides

Se capturaron 1,376 ejemplares de Hymenoptera parasitoides, agrupados en siete superfamilias, 18 familias y 42 morfoespecies (cuadro 1), de los cuales 30 (71%) pudieron ser determinados hasta género y dos (5%) hasta especie. Chalcidoidea fue la superfamilia más representativa con nueve familias, 20 morfoespecies identificadas y 1,295 ejemplares colectados, alcanzando el 49% de las morfoespecies (figura 1) y el 94.11% del total de ejemplares capturados.

Figura 1

Frecuencias de morfoespecies por superfamilia de Hymenoptera parasítica, colectados en ambas épocas climáticas, incluyendo el sistema silvopastoril y el sistema natural de la RNEH.



Entre los Chalcidoidea, Encyrtidae presentó el mayor número de morfoespecies (cuadro 1) y la mayor abundancia (1,138 ejemplares u 83% del total). A su vez, los géneros *Acerophagus* y *Pentelicus*, representaron el 69% y 11%, respectivamente, de la abundancia total; siendo los géneros más abundantes en el sistema silvopastoril, seguidos por *Alaptus* (Mymaridae), con el 3.42%. *Acerophagus* sp. 1 y *Pentelicus* sp. 1 fueron, respectivamente, las morfoespecies más abundantes en época seca (febrero de 2010) y lluviosa (mayo de 2010).

Se encontraron algunos endoparasitoides braconídeos (Microgastrinae) y calcídidos de los géneros *Trigonura*, *Chalcis* y *Brachymeria*, formando enjambres alrededor de lar-

vas y pupas de la polilla del algarrobo; especialmente en la época seca, cuando la larva de *E. galapagana* se encuentra en sus últimos instares. Aunque Reyes *et al.* (2010) reportaron la emergencia de *Conura* sp. (Chalcididae) —a partir de pupas de *E. galapagana*— no se capturó ningún individuo de este género en trampas amarillas. De las 42 morfoespecies, se tiene certeza que sólo *Brachymeria* sp. 1, *Pteromalidae* sp. 1, *Trichogrammatidae* sp. 1 e *Isostasius* sp. 1, atacan directamente a la polilla (Reyes *et al.*, 2010). Sin embargo, la baja captura de estas cuatro especies no permitió definir la relación parasitoide-polilla-herbivoría.

Cuadro 1

Superfamilias, familias, especies y/o morfoespecies de Hymenoptera parasítica encontradas en el sistema silvopastoril y el bosque de la RNEH (control), con sus respectivas abundancias.

Superfamilia	Familia	Especie/Morfoespecie	B	C	M	L	Control	Total
Ceraphronoidea	Ceraphronidae	<i>Aphanogmus</i> sp. 1	2	1	0	0	0	3
Ceraphronoidea	Ceraphronidae	<i>Aphanogmus</i> sp. 2	0	0	1	0	0	1
Ceraphronoidea	Ceraphronidae	<i>Ceraphron</i> sp. 1	0	1	0	0	1	2
Ceraphronoidea	Ceraphronidae	<i>Ceraphron</i> sp. 2	0	0	2	1	0	3
Ceraphronoidea	Megaspilidae	<i>Dendrocerus</i> sp. 2	0	0	1	0	0	1
Chalcidoidea	Aphelinidae	<i>Encarsia</i> sp. 1	0	8	1	1	0	10
Chalcidoidea	Aphelinidae	<i>Encarsia pergandiella</i>	0	1	0	0	1	2
Chalcidoidea	Chalcididae	<i>Brachymeria</i> sp. 1	1	0	1	1	0	3
Chalcidoidea	Chalcididae	<i>Chalcis</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
Chalcidoidea	Chalcididae	<i>Trigonura</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
Chalcidoidea	Encyrtidae	<i>Acerophagus</i> sp. 1	241	272	265	174	0	952
Chalcidoidea	Encyrtidae	<i>Cerchysiella</i> sp. 1	10	4	2	2	2	20
Chalcidoidea	Encyrtidae	<i>Encyrtus</i> sp. 1	0	1	0	2	0	3
Chalcidoidea	Encyrtidae	<i>Plagiomerus</i> sp. 1	2	6	6	3	0	17
Chalcidoidea	Encyrtidae	<i>Pentelicus</i> sp. 1	5	3	6	126	6	146
Chalcidoidea	Eulophidae	<i>Eulophidae</i> sp. 1	0	1	1	2	0	4

Continúa en la pág. 71

Viene de la pág. 70

Chalcidoidea	Eulophidae	<i>Eulophidae</i> sp. 2	1	0	0	0	0	1
Chalcidoidea	Eurytomidae	<i>Eurytomidae</i> sp. 1	0	0	1	0	0	1
Chalcidoidea	Mymaridae	<i>Alaptus</i> sp. 1	14	8	8	17	0	47
Chalcidoidea	Mymaridae	<i>Camptoptera</i> sp. 1	10	5	2	2	0	19
Chalcidoidea	Mymaridae	<i>Gonatocerus</i> sp. 1	5	1	9	5	0	20
Chalcidoidea	Pteromalidae	<i>Pteromalidae</i> sp. 1	0	0	0	0	1	1
Chalcidoidea	Signiphoridae	<i>Signiphora</i> sp. 1	5	5	7	7	0	24
Chalcidoidea	Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatidae</i> sp. 1	4	5	5	4	0	18
Chalcidoidea	Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatidae</i> sp. 2	0	3	1	0	1	5
Chrysoidea	Bethylidae	<i>Bethylidae</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
Chrysoidea	Bethylidae	<i>Bethylidae</i> sp. 2	0	0	1	0	0	1
Chrysoidea	Chrysididae	<i>Chrysididae</i> sp. 1	0	2	0	2	0	4
Chrysoidea	Dryinidae	<i>Dryinidae</i> sp. 1	0	1	0	0	0	1
Diaprioidea	Diapriidae	<i>Doliopria</i> sp. 1	0	1	0	1	1	3
Ichneumonoidea	Braconidae	<i>Braconidae</i> sp. 1	0	0	0	1	1	2
Mymarommatoida	Mymaromatidae	<i>Mymaromatidae</i> sp. 1	0	0	1	0	0	1
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Calotelea</i> sp. 1	4	0	2	2	0	8
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Idris</i> sp. 1	2	1	0	3	0	6
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Isostasius</i> sp. 1	2	4	5	4	1	16
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Synopeas</i> sp. 1	1	1	1	2	0	5
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Telenomus</i> sp. 1	0	2	1	2	0	5
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Telenomus</i> sp. 2	2	2	0	0	2	6
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Telenomus</i> sp. 3	2	0	0	0	0	2
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Telenomus longicornis</i>	1	4	0	0	1	6
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Trissolcus</i> sp. 1	1	1	0	0	0	2
Platygastroidea	Platygastridae	<i>Trissolcus</i> sp. 2	2	0	0	0	0	2

**Sensu Sharkey (2007).

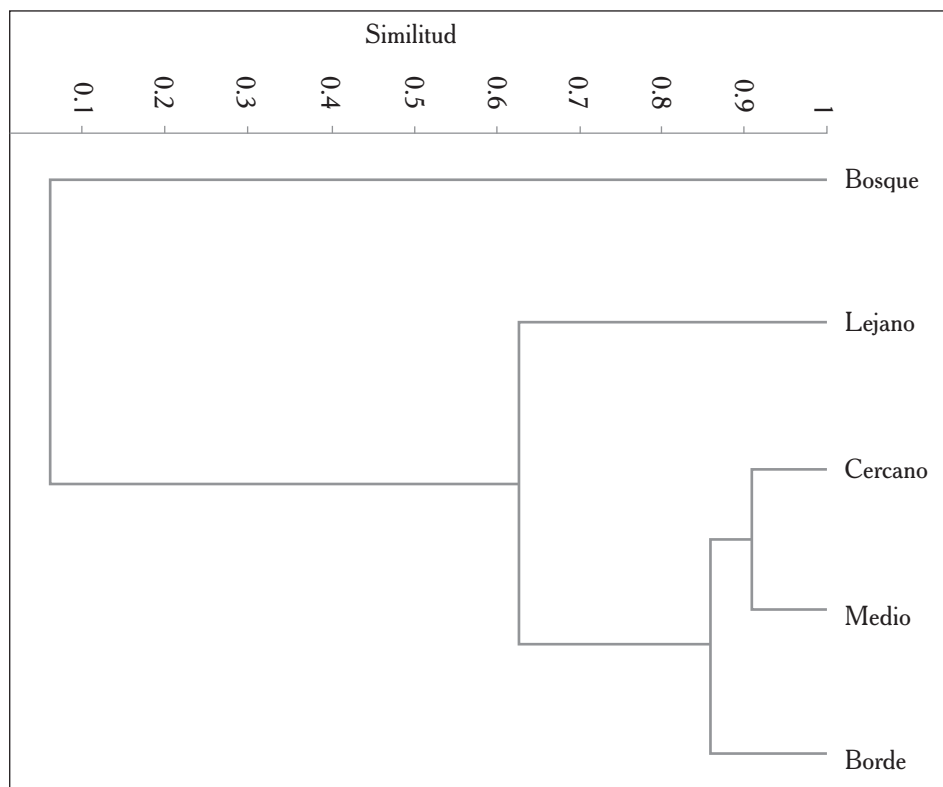
NOTA: B, borde; C, cercano; M, medio; L, lejano.

Composición de la fauna parasítica según la cercanía al bosque

Del análisis de similitud de Bray-Curtis se desprende que existen tres grupos diferenciados 1. Borde-medio-cercano, 2. Lejano y 3. Bosque; este último, marcadamente diferente a los demás. Mientras que el lote Lejano (900 m) comparte con los demás lotes del sistema silvopastoril el 60% de la abundancia de ejemplares colectados; el Bosque comparte con los mismos menos del 10% de la abundancia total (figura 2).

Figura 2

Análisis de agrupamiento, basado en el índice de similitud de Bray-Curtis, para los lotes presentes en el sistema silvopastoril (Borde, Cercano, Medio y Lejano con relación al Bosque) y para el sistema natural (bosque) en la RNEH.



En los cuatro lotes muestreados dentro del sistema silvopastoril se colectaron 41 morfoespecies y un total de 1,358 himenópteros parasitoides que corresponden al 97% de la abundancia total. El lote ubicado a 900 m del bosque —y considerado como una zona de alta diversidad floral— presentó el mayor número de individuos colectados ($n=364$) (cuadro 2), siendo el 26% de la abundancia total. Este lote comparte la riqueza de especies con los demás, a excepción de una morfoespecie de Braconidae (Microgastri-nae), capturada sólo en este lote y en el sistema natural. Por su parte, se capturó un único ejemplar de la familia Pteromalidae en el bosque primario.

Cuadro 2

Riqueza de especies, abundancia, índice de Shannon (H') y equitatividad (E) del sistema natural (bosque) y cada lote del sistema silvopastoril en la RNEH, para dos estaciones climáticas (seca: febrero de 2010 y lluviosa: mayo de 2010).

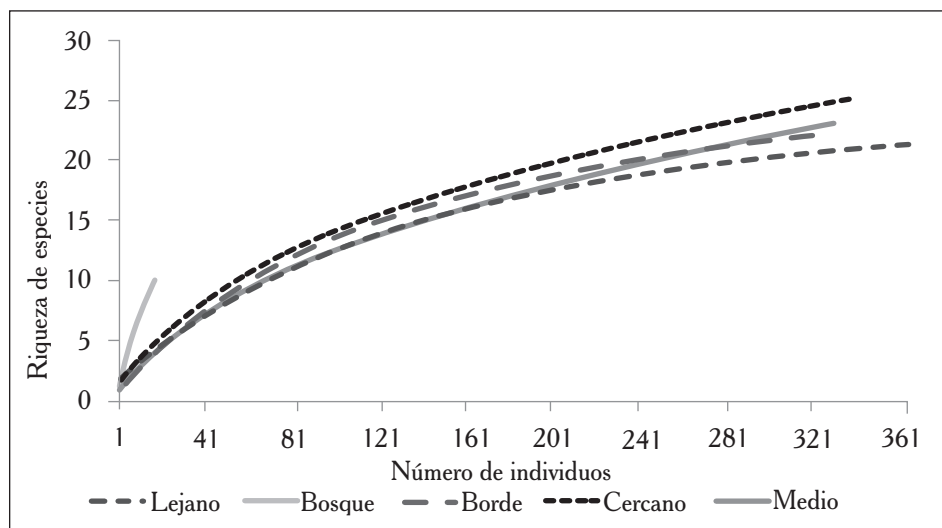
	Bosque	Borde (10m)	Cercano (225m)	Medio (450m)	Lejano (900m)	Total
Riqueza (S)	11	23	26	24	22	42*
Abundancia (n)	18	319	345	330	364	1376
Diversidad (H')	2	1,22	1,13	1	1	
Equitatividad (E)	0,572	0,326	0,302	0,281	0,397	

* Número total de morfoespecies capturadas, NO es una cifra acumulada según los valores de la tabla.

Del sistema silvopastoril sólo la riqueza obtenida en los lotes Borde (10 m), Medio (450 m) y Lejano (900 m), se acercó a los valores estimados calculados (12, 15 y 12, respectivamente). La curva del bosque obtenida con el promedio de los estimadores (figura 3), se mantuvo baja y con tendencia a ser constante, indicando que el esfuerzo de muestreo debió ser mayor en el sistema natural.

Figura 3

Curva de rarefacción basada en el promedio de los estimadores ICE, Jack 2 y Chao 2 para los parasitoides colectados en el sistema silvopastoril y natural en la RNEH.



Especies parasíticas, composición y cobertura vegetal

Se registraron 21 familias y 34 morfoespecies de plantas presentes dentro del sistema silvopastoril; de las cuales, el 91% se identificó hasta especie. De éstas, el 53% fueron arvenses (plantas herbáceas < 1 m de altura) y el 47% restante, árboles y arbustos (plantas > 1 m de altura). Las arvenses dominantes fueron *Lantana camara* L. (1753) (Verbenaceae), *Parthenium hysterophorus* L. (1753) (Asteraceae) y *Sida acuta* Brum. F. (1768) (Malvaceae), encontradas en la mayoría de los lotes y en altas densidades.

Por su parte, los árboles con mayor abundancia por la presencia de corredores en los bordes de varios de los lotes de muestreo, fueron especies pertenecientes a Fabaceae; como el aroma (*Acacia farnesiana* (L.) Willd, 1806), el matarratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, 1842), el chiminango [*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, 1844] y el flor amarillo (*Senna spectabilis* (D C.) Irwin y Barneby, 1982). Los mayores valores de riqueza de plantas se encontraron en los lotes Cercano (225 m) y Lejano (900 m), con 18 especies cada uno; y se halló una relación positiva y significativa entre la abundancia de parasitoides y la riqueza de especies vegetal de cada lote ($r=0.8$; $p<0,05$; $df=3$).

El porcentaje de cobertura vegetal no fue diferente en la época seca respecto de la lluviosa ($F_{(1,46)}=3.81$; $p>0,05$) (febrero y mayo de 2010, respectivamente). Tampoco fueron diferentes los porcentajes de cobertura de los algarrobos en los lotes a través de la distancia al bosque ($F_{(3,4)}=1.41$; $p>0,05$). Sin embargo, la relación positiva y significa-

tiva entre los porcentajes de cobertura de los algarrobos y la abundancia de parasitoides ($r=0.6$; $p<0,05$; $df=3$), sugiere que la presencia de dosel arbóreo y arbustivo es importante para el mantenimiento de poblaciones de los enemigos naturales en la reserva.

Niveles de herbivoría y riqueza de parasitoides

Se encontraron diferencias significativas entre las mediciones de herbivoría de la polilla durante las dos épocas climáticas del año ($F_{(1,40)}=5.47$; $p<0,05$), lo cual puede ser claramente observado en campo al llegar la época de lluvias (mayo de 2010), cuando se restablece el follaje de los algarrobos debido, posiblemente, a la reducción de la población de la polilla por factores climáticos adversos.

No se observó relación entre las variables porcentaje de herbivoría obtenido en los algarrobos, con la riqueza o la abundancia de parasitoides en cada lote del sistema silvopastoril, significando que no hay relación causal entre las fluctuaciones poblacionales de dicha plaga y los parasitoides libres. Del mismo modo, las mediciones de herbivoría en tres estratos verticales para el follaje de los algarrobos del sistema (33% del mismo), tampoco revelaron diferencias significativas entre ninguno de los estratos ni los lotes ($p<0,05$; $df=2 - p<0,05$; $df=3$, para estratos y lotes de ambas épocas climáticas); es decir, la plaga no presentó preferencia marcada por un estrato vertical del follaje del dosel de los algarrobos.

Discusión

En su mayoría, la fauna parasítica identificada dentro de la reserva corresponde a especies comúnmente utilizadas, desde los años sesentas del siglo XX, como agentes de control biológico clásico para varias especies plaga (Fernández y Sharkey, 2006) tipo *Diatraea saccharalis* (F.) (Pyralidae) en caña de azúcar y *Spodoptera* sp. (Madrigal-Cardeno, 2001) (Noctuidae) en maíz y sorgo. En el Valle del Cauca se han registrado, desde 1989, varias especies de *Gonatocerus* (Mymaridae) y *Telenomus* (Platygastridae), géneros que parasitan huevos de diferentes hospederos (Fernández y Sharkey, 2006). La presencia de cuatro morfoespecies de *Telenomus* dentro de la reserva, sugiere el establecimiento de poblaciones naturales de este parasitoide en la región. Es posible que esto sea resultado de las continuas liberaciones que aún se llevan a cabo para el control de herbívoros de caña de azúcar.

El índice de diversidad encontrado en el Bosque es consecuente con estudios realizados en paisajes fragmentados que evalúan el recambio y diversidad de especies de himenópteros en un mosaico paisajístico. Éste presentó la menor riqueza de especies (26%), la menor abundancia (1.30%), pero el índice de diversidad más alto; lo que indica el submuestreo de este fragmento boscoso, el cual tiene alta heterogeneidad con los individuos equitativamente repartidos, como lo muestra el índice de equitatividad mayor frente al de los lotes del sistema de producción (Shannon, 1948; Simpson, 1949; Zar, 1984). Generalmente, los índices de diversidad de dichos fragmentos no son menores a dos (Armbrecht y Chacón de Ulloa, 1997; Cronin, 2003; Haddad *et al.*, 2001; Rodríguez-Vélez y Woolley, 2005). Aun así, no se detectaron diferencias significantes con

el índice del lote Lejano (900 m) pero sí con el índice de diversidad de los demás lotes del sistema silvopastoril. El sistema silvopastoril de la RNEH tiene un nivel de diversidad medio de parasitoides, teniendo en cuenta que la diversidad se mide como baja, media y alta si se encuentran entre 0–1.5; 1.5–3 y 3.1–4.5, respectivamente. Aun así, la diversidad de parasitoides no está directamente relacionada con el nivel de parasitismo en el sistema productivo.

Vale la pena resaltar que los muestreos en la época seca (febrero de 2010) se hicieron bajo influencia del fenómeno meteorológico de El Niño (IDEAM, 2010a), en el cual se registraron los mayores niveles de temperatura y los menores de precipitación en los últimos cinco años. Por el contrario, en mayo de 2010, se inició el fenómeno de La Niña (IDEAM, 2010b), unos de los períodos más húmedos en la historia de la reserva, con los mayores registros de precipitación en los últimos cinco años (Molina, Com. Pers., 2010; IDEAM, 2010c), lo cual probablemente afectó los niveles de herbivoría por parte de la polilla.

Por su parte, la relación positiva y significativa encontrada entre la abundancia de parasitoides y la riqueza de especies vegetal de cada lote ($r=0.8$; $p<0,05$; $df=3$), guarda relación con la enorme importancia que tiene la diversidad floral sobre la diversificación de insectos en agroforestales. Diversos estudios en diferentes modelos de policultivos, cultivos artesanales, entre otros, han comprobado que la composición y diversidad de plantas dentro o alrededor de los sistemas productivos aumenta significativamente el número de insectos (incluyendo parasitoides); ello, debido a que cumplen el papel de atrayentes de enemigos naturales al ofrecer recursos como micro-hábitat y alimento que, en el caso específico de los parasitoides, puede ser determinante para su riqueza de especies, su longevidad y su nivel de parasitismo (Araj *et al.*, 2008; Letourneau *et al.*, 2011).

Conclusiones

El manejo ecológico racional en la Reserva Natural El Hatico por más de tres décadas, ha mantenido un nivel medio de diversidad de especies de himenópteros parasitoides, siendo similar a la riqueza y abundancia del cercano parche de bosque. La diversidad de vegetación arvense y las menores temperaturas asociadas al follaje de los algarrobos, favorecen la abundancia de los parasitoides y la biodiversidad silvestre en la reserva. Esto concuerda con la idea de que una mayor diversidad vegetal en sistemas productivos beneficia la diversidad faunística.

Las evidencias encontradas en este estudio muestran que los enemigos naturales parasíticos no ejercen un control natural efectivo sobre la polilla del algarrobo; pero, probablemente, que factores como la precipitación podrían jugar un papel más determinante en la disminución de sus poblaciones.

No obstante, existen poblaciones de enemigos naturales —específicamente parasitoides— con gran potencial para, posteriormente, implementar estrategias de control biológico sobre *E. galapagana* y de otra serie de herbívoros en el sistema. La perspectiva a futuro del uso de controladores biológicos requeriría primero, el conocimiento biológico detallado; y luego, una planeación ordenada del sistema para controlar la polilla.

Agradecimientos

A Carlos Hernando Molina y familia, propietarios de la Reserva Natural El Hatico. A María del Pilar Hernández (CIAT) y Diego Campos (Universidad Pedagógica Nacional), por la identificación de algunas especies de parasitoides. A Karen Reyes y Carolina Giraldo, por su apoyo durante el desarrollo del estudio. A Ana Paola Yusti, Jorge Velandia, Luisa Rojas, Angélica García, Johana Bejarano y Felipe Buitrago, por su asistencia en campo y/o la identificación de las especies de plantas. A la Universidad del Valle, a CIPAV y a la Sociedad Colombiana de Entomología, por el financiamiento de este trabajo mediante la “Beca de incentivo a la investigación entomológica en las universidades colombianas” (Beca SOCOLEN) versión 2010.

Literatura citada

- Araj, S. E.; Wratten, S.; Lister, A. y Buckley, H. (2008). Flora diversity, parasitoids and hyperparasitoids – A laboratory approach. *Basic and Applied Ecology* 9:588-597.
- Armbrecht, I. y Chacón de Ulloa, P. (1997). Composición y diversidad de hormigas en bosques secos relictales y sus alrededores, en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 23:45-50.
- Campos, W. G.; Pereira, B. S. y Schoereder, J. H. (2000). Comparison of the efficiency of flight-interception trap models for sampling Hymenoptera and other insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(3):381-389.
- Colwell, R. K. (1997). *User's guide to Estimates 8.0.0. Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. [Http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates](http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates) (Consultada el 26 de junio de 2010).
- Cronin, J. T. (2003). Matrix heterogeneity and host-parasitoid interactions in space. *Ecology* 84 (6):1506-1516.
- Fernández, F. y Sharkey, M. J. (Eds.). (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Editorial Guadalupe Ltda, Bogotá, D. C. 994 pp.
- Fraser, S. E. M.; Dytham, C. y Mayhew, P. J. (2007). Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodlands habitats. *Journal of applied ecology* 44:352-361.
- Fraser, S. E. M.; Beresford, A. E.; Peters, J.; Redhead, J. W.; Welch, A. J.; Mayhew, P. J. y Dytham, C. (2008). Effectiveness of vegetation surrogates for parasitoid wasp in reserve selection. *Conservation biology* 23(1):142-150.
- García, J. L. (2003). Comparación de la captura de Hymenoptera (Insecta) mediante cuatro métodos de muestreo, en los cerros Yaví y Yutajé del Pantepui venezolano. *Entomotropica* 8(1):27-35.
- Gibson, G. A. P.; Huber, J. T. y Woolley, J. B. (Eds.). (1997). *Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)*. NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canadá. 794 pp.
- Haddad, N. M.; Tilman, D.; Haarstad, J.; Ritchie, M. y Knops, J. M. H. (2001). Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment. *The American Naturalist* 158(1):17-35.
- Hammer, O.; Harper, D. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4:1-9.
- Holdridge, L. R. (1978). Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): *Serie de libros y materiales educativos No. 34*.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010a). *Boletín climatológico mensual. Febrero de 2010*. [Http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954](http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954) (Consultada el 23 de julio de 2011).
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010b). *Boletín climatológico mensual. Mayo de 2010*. [Http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954](http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954) (Consultada el 23 de julio de 2011).

- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010c). *Boletín climatológico mensual. Diciembre de 2010*. [Http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954](http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954) (Consultada el 23 de julio de 2011).
- Letourneau, D. K.; Jedlicka, J. A.; Bothwell, S. G. y Moreno, C. R. (2009). Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology* 40:573-592.
- Letourneau, D. K.; Armbrecht, I.; Salguero-Rivera, B.; Montoya-Lerma, J.; Jiménez-Carmona, E.; Daza, M. C.; Escobar, S.; Galindo, V.; Gutiérrez, C.; Duque-López, S.; López-Mejía, J.; Acosta-Rangel, A. M.; Rivera, L.; Saavedra, C. A.; Torres, A. M. y Reyes-Trujillo, A. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21:9-21.
- Madrigal-Cardeno, A. (2001). *Fundamentos del control biológico de plagas*. 1ª ed. Medellín. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 453 pp.
- Mahecha, L. (1998). *Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista nutrición en un sistema silvopastoril de pasto estrella africana (Cynodon plectostachyus), leucaena (Leucaena leucocephala) y algarrobo (Prosopis juliflora) en el Valle del Cauca*. Tesis de Magister. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 72 pp.
- Myartseva, S. N.; Ruiz-Cancino, E. y Coronado-Blanco, M. (2007). A review of parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Trialeurodes floridensis* (Hemiptera: Aleyrodidae) with description of a new species from Mexico. *Florida Entomologist* 90(4):635-640.
- Pearson, D. L. (1977). A pantropical comparison of bird community structure on six lowland forest sites. *The Condor* 79(2):232-244.
- Ramírez, H. (1997). Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. *Seminario Internacional de sistemas sostenibles de producción agropecuaria*. Cali, Colombia. CIPAV.
- Razowski, J.; Landry, B. y Roque-Albelo, L. (2008). The Tortricidae (Lepidoptera) of the Galapagos Islands, Ecuador. *Revue Suisse de Zoologie* 115:185-220.
- Reyes, L. K.; Giraldo, C.; Montoya-Lerma, J.; Molina, E. J.; Molina, C. H. y Calle, Z. (2010). Ciclo biológico de la polilla defoliadora de *Prosopis juliflora* (algarrobo) en un sistema silvopastoril del Valle del Cauca, Colombia. *Memorias VI Congreso Latinoamericano de agroforestería para la producción pecuaria sostenible*. 28 al 30 de septiembre de 2010, Panamá, Hotel El Panamá.
- Rodríguez-Vélez, B. y Woolley, J. B. (2005). La fauna de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en el bosque tropical caducifolio de la sierra de Huautla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 44(1):147-155.
- Santos, L. D.; Bernal, C. A. y Duarte, J. H. (1996). Introducción a la evaluación de la producción de algarrobo (*Prosopis juliflora*) en áreas de bosque seco tropical, Alto Magdalena, Cundinamarca, Colombia. *Seminario Internacional de sistemas sostenibles de producción agropecuaria*. Cali, Colombia. CIPAV.
- Shannon, D. E. (1948). Mathematical theory of communication. *Bell system Technical Journal* 27:379-423.
- Sharkey, M. J. (2007). Phylogeny and classification of Hymenoptera. *Zootaxa* 1668:521-548.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature* 163:688.
- Statsoft INC. (1995). *Statistical user guide. Complete Statistical System Statsoft*. Oklahoma. U. S. A. [Http://www.statsoft.com/support/download/version-manager/](http://www.statsoft.com/support/download/version-manager/) (Consultada el 22 de julio de 2011).
- Zar, J. H. (1984). *Biostatistical analysis*. 2ª Ed. Nueva Jersey, Prentice-Hall. 718 pp.

Recibido: Diciembre 15, 2011

Aceptado: Agosto 30, 2012