

# Efectos del manejo productivo de un sistema agroforestal en la diversidad de parasitoides asociados (Hymenoptera: Braconidae) en Yucatán, México

Effects of an agroforestry system productive management on the associated diversity of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) in Yucatán, México

**Pech Cutis CM, Castillo Sánchez LE, Canul Solís JR, López Coba E, Ruz Febles NM, Campos-Navarrete MJ\***

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tizimin. Final del Aeropuerto Cupul S/N C.P. 97700, Tizimin, Yucatán, México.

## RESUMEN

Los sistemas agroforestales tropicales, aunque modifican los ambientes naturales, se proponen como una alternativa de sustentabilidad para la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad. Este trabajo explora cómo se modifica la diversidad de parasitoides entre diferentes áreas, en un escenario fragmentado como lo es un sistema agroforestal. Se encontró que no hay un efecto directo de la diversidad de plantas en el grupo de parasitoides estudiado; pero el número de especies especialistas es alto, lo cual señala que en agroforestales diversificados estos probablemente funcionen como remanente de hábitat natural o como refugio para los parasitoides que se dispersan hacia los diferentes tipos de manejo dentro del agroforestal. Por lo anterior es necesario considerar en futuros estudios los controles ejercidos por los efectos de abajo hacia arriba de la diversidad de plantas, sumando a esto el contexto de las interacciones que ocurren en los sistemas agroforestales.

**Palabras clave:** agroforestales, biodiversidad, Braconidae, conservación, Yucatán.

## ABSTRACT

Although tropical agroforestry systems modify natural environments, they are proposed as a sustainable alternative for food production and biodiversity conservation. This work explores how the diversity of parasitoids is modified between different areas in a fragmented scenario such as an agroforestry system. It was found that there is no direct effect of plant diversity on the group of parasitoids studied. However, the number of specialist species is high, which indicates that in diversified agroforestry, these probably function as a remnant of natural habitat or as a refuge for parasitoids that disperse towards the different types of management within the agroforestry. Therefore, in future studies, it is necessary to consider the controls exerted by the bottom-up effects of plant diversity, adding to this the context of the interactions that occur in agroforestry systems.

**Key words:** agroecosystems; biodiversity; Braconidae; conservation; Yucatan

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales en los trópicos proporcionan sistemas alternativos para la producción de alimentos, debido a que los sistemas intensivos de producción provocan pérdida de cobertura vegetal, conversión y fragmentación de áreas naturales en los ecosistemas. Estas actividades modifican el hábitat de las especies que dependen de la vegetación, efectos relacionados al área de distribución de la especie y de sus requerimientos de hábitat (Scolozzi y Geneletti, 2012; Campos-Navarrete *et al.*, 2015a). Por otra parte, la velocidad en la pérdida de especies ha aumentado el interés por el estudio de la diversidad biológica en los sistemas agroforestales, principalmente de insectos, debido a que constituyen la fracción más importante de la diversidad de un territorio y prestan múltiples servicios ecológicos a los ecosistemas (Klein *et al.*, 2002). Como la captura de carbono, control de malezas, de plagas y conservación de la biodiversidad (Garbach *et al.*, 2014; Barral *et al.*, 2015).

Los parasitoides tienen un alto número de especies y sus hábitos derivan en servicios de regulación para las poblaciones de sus hospederos (lepidópteros, coleópteros y dípteros) (Shaw y Huddleston, 1991; Abdala-Roberts *et al.*, 2016a). En los sistemas agroforestales, el estudio de estos organismos es interesante desde el punto de vista antropogénico (e.g. control integrado de plagas) y los mecanismos que los regulan (Schmidt *et al.*, 2003; Thies *et al.*, 2005; Nicholls, 2008). En los sistemas agroforestales, la diversidad de especies vegetales posee efectos en la productividad secundaria comparables con los sistemas naturales. Se ha observado que ambientes con mayor diversidad de vegetación promueven incrementos en la riqueza y abundancia en los consumidores (Abdala-Roberts *et al.*, 2016b; Castillo-Sánchez *et al.*, 2019).

El efecto del uso del suelo, en conjunto con la diversidad vegetal asociada a los parasitoides, genera un ambiente más complejo ofreciendo mayor cantidad de refugios y de presas (Russell, 1989; Obermaier *et al.*, 2008; Moreira *et al.*, 2016), incrementando la depredación debido a los efectos de "arriba-abajo". Estos efectos deberían ser considerados en el diseño de sistemas productivos (e.g. cultivos) para el control de los hospederos y/o plagas (Russell, 1989; Abdala-Roberts

\*Autor para correspondencia: María José Campos Navarrete  
 Correo electrónico: maria.campos@ittizimin.edu.mx

Recibido: 19 de enero de 2022

Aceptado: 25 de abril de 2022

*et al.*, 2015; 2016a). Modificando la abundancia de las presas (herbívoros) con las características como la especialización de su dieta (generalistas vs. especialistas) y sus interacciones (Campos-Navarrete *et al.*, 2015b). Se ha observado que en los parasitoides especialistas los efectos de un incremento en la diversidad pueden ser negativos, debido a la baja densidad de su recurso prioritario (Hambäck *et al.*, 2014).

En contraste, en los parasitoides generalistas los efectos de un incremento de la diversidad pueden variar y, en algunos casos, puede ser positivo debido a su dieta mixta y al incremento en la disponibilidad de sitios de refugio (Unsicker *et al.*, 2008; Castagnyrol *et al.*, 2013). Siendo que la presencia de los herbívoros puede mediar su interacción con el siguiente nivel trófico de los consumidores donde se incluyen los parasitoides (Abdala-Roberts *et al.*, 2016b).

El presente trabajo explora el efecto en un sistema agroforestal de producción múltiple en la diversidad de parasitoides (Braconidae). Particularmente cambios en la riqueza, abundancia, similitud entre los sistemas y en las estrategias de parasitismo (koinobiontes=especialistas e idiobiontes=generalistas). Tratando de inferir cómo se modifica la diversidad de parasitoides en ambientes donde la diversidad vegetal es limitada e.g. cultivos y cuando estos son adyacentes a la vegetación secundaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó en el oriente de Yucatán en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. Esta zona se caracteriza por la conversión del uso de suelo de selva nativa a pastizales, para alimento de ganado bovino. La ganadería representa el 30% de la actividad económica de esta zona (INEGI, 2015). El sistema agroforestal se ubica en el área de producción agrícola y pecuaria del TecNM Campus Tizimín, ubicado al final del aeropuerto Cupul s/n C.P. 97700 con las coordenadas 21°09'29" N 88°10'21" O.

El sistema agroforestal cuenta con cuatro sistemas: plantación de *Cocos nucifera* "PC" de 2,106 m<sup>2</sup> (monocultivo), plantación de *Citrus limon* "PL" de 7,828 m<sup>2</sup> (monocultivo), pastizal con pasto estrella *Cynodon sp.* "PT" de 10,346 m<sup>2</sup> y Vegetación secundaria con más de 30 años de recuperación "VS" de 6,515 m<sup>2</sup>. Los sistemas se encuentran a una distancia promedio de 500 m entre cada uno, para garantizar la independencia de las muestras. Este contraste en un espacio limitado provee un escenario frecuente en la actualidad, originado por los procesos de fragmentación, originando sitios contrastantes.

### Trabajo de campo

Se utilizaron trampas tipo malaise, ampliamente recomendadas y utilizadas para capturar himenópteros parasíticos (Noyes, 1982; Nieves-Aldrey y Castillo, 1991). La orientación de la trampa fue de norte a sur, debido a que es más efectiva si se colocan las aberturas en posición de donde proviene el viento. Las trampas se colocaron lejos de los bordes de cada sistema, con la finalidad de reducir el efecto

de borde. Las trampas permanecieron activas todos los días de octubre 2015 - marzo 2016, fueron revisadas cada quince días y los especímenes colocados en frascos con alcohol al 70%.

### Identificación de los especímenes

Los especímenes fueron montados de acuerdo con la técnica tradicionalmente usada para estos organismos. La identificación se llevó a cabo mediante la ayuda de la clave taxonómica para Braconidae (Wharton *et al.*, 1997).

El material se determinó hasta nivel taxonómico de género, se utilizó el concepto de morfoespecie para identificar y separar a los individuos que presentan características morfológicas diferentes debido a la dificultad existente para determinar los parasitoides a nivel específico (Simpson, 1961; Mayr y Ashlock, 1991; Delfín y Burgos, 2000). Además, se clasificó a las morfoespecies de acuerdo a sus estrategias de parasitismo (koinobiontes=especialistas e idiobiontes=generalistas), con ayuda de bibliografía especializada (Goulet y Huber, 1993). Todo el material colectado se encuentra resguardado en el TecNM Campus Tizimín.

### Análisis de datos

Se realizó un análisis de diversidad en la comunidad de braconidos en los cuatro sistemas utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Este expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; asume que todos los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Ludwing y Reynolds, 1988; Magurran, 1988).

La similitud entre los sistemas se estimó utilizando el índice de Sorensen (Krebs, 1989) basado en la presencia/ausencia de especies y en el número de especies, comunes o raras (Spellerberg, 1991).

Para estimar la representatividad de la riqueza de especies de las muestras en cada sistema se utilizó el programa EstimateS versión 9. Se utilizaron los estimadores de riqueza ICE basado en el número de especies raras (las observadas en menos de 10 unidades de muestreo) y Jackknife de primer orden basado en el número de especies únicas (uniques) (Colwell y Coddington, 1994).

Con los datos de las morfoespecies registradas usando Abundancia relativa, como la variable de respuesta, se evaluó el cambio entre los cuatro sistemas. Esto a través de un modelo que explora la respuesta cuantitativa de los braconidos a los sistemas. Este modelo usó como factor principal el sistema con cuatro niveles (PC, PL, PT, VS). El segundo modelo exploró las estrategias de parasitismo de las especies de braconidos, usando como factor principal estrategia de parasitismo con dos niveles (Idiobiontes "I" y Koinobiontes, "K"), con relación a la abundancia. El tercer modelo exploró la interacción entre los dos factores principales mencionados anteriormente en la abundancia relativa de braconidos. Los modelos evaluados se ajustaron con el método de Penalizado de Cuasi-Verosimilitud, y se analizaron con GLMM (Modelo Mixtos Lineales Generalizados) usando el programa

estadístico R v. 3.01. (R Core Team 2020). Se usaron contrastes a posteriori para probar si existieron diferencias significativas para un factor y entre niveles de cada uno (Crawley, 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Riqueza y Abundancia total

Se colectó un total de 2,031 ejemplares de braconídeos pertenecientes a 20 subfamilias, 47 géneros y 140 morfoespecies. La subfamilia Microgastrinae representó el 49% del total de los individuos capturados, seguidos de Doryctinae y Hormiinae con 8% y 6% respectivamente, Ichneutinae y Macrocentrinae tuvieron un individuo, equivalente al 0.05% (Tabla 1).

Se encontró 47 géneros, lo que constituye el 24% de lo registrado para Yucatán donde se reportan 194 géneros; esto se explica porque el estado es muy cercano al Golfo de México y es uno de los estados donde laboran los especialistas nacionales y extranjeros y/o donde se han realizado más recolectas (Coronado y Zaldívar, 2014).

Se sugiere que el alto porcentaje de Microgastrinae, se debe a que son braconídeos con un amplio rango de hospederos, que atacan a casi todas las familias de Lepidoptera, excepto la familia Hepialidae (Shaw, 1994), e incluye especies de tamaño pequeño y con colores oscuros que posiblemente los ayude a no ser vistos por sus depredadores (Rabinowitz y Price, 1976; Hawkins *et al.*, 1992).

Ichneutinae y Macrocentrinae tuvieron un solo individuo, esto concuerda con lo predicho para estas sub-

familias que estima existen entre 100 -300 especies a nivel mundial (Jones *et al.*, 2009). En México, para Ichneutinae, se han reportado ocho géneros y 12 especies determinadas y sin determinar dos géneros y 14 morfoespecies. Para Macrocentrinae, se tiene reportado cuatro géneros y siete especies determinadas y sin determinar un género y ocho morfoespecies (Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón, 2014). En un estudio en Yucatán, se encontraron dos géneros y dos morfoespecies para Ichneutinae y Macrocentrinae (Castillo-Sánchez *et al.*, 2019).

### Riqueza y abundancia de especies por sistema

La mayor riqueza de subfamilias y géneros se registró en PL, seguida por PC, VS y PT. Las morfoespecies y el número de individuos fueron mayor en PL, seguido por PC, PT y VS (Tabla 1). Se observó que, en PL y PC, considerados monocultivos concentraron el mayor número de individuos y de riqueza taxonómica; seguida por VS y por PT.

El mayor número de especies raras fue en PT, seguido de PL, PC y VS. En especies únicas, de mayor a menor se encontraron en PC, PT, PL y VS (Tabla 2). En general se observa que VS considerada un policultivo y con mayor complejidad fue la que menor número de especies raras y únicas presentó. Esto contrasta con lo encontrado para el índice de diversidad de Shannon-Wiener, donde la mayor diversidad se observó en PL, seguido de VS, PC y PT (Tabla 2).

Estos resultados no coinciden en estudios previos en sistemas de cultivos y sistemas agroforestales donde la

**Tabla 1.** Número de géneros (G), morfoespecies (S) y abundancia (A) por subfamilias en cada sistema. PC= Plantación de Coco, PL= Plantación de Limón, PT= Pastizal, VS= Vegetación Secundaria y el Total, en el sistema agroforestal.

**Table 1.** Number of genera (G), morphospecies (S) and abundance (A) by subfamilies in each system. PC= Coconut Plantation, PL= Lemon Plantation, PT= Grassland, VS= Secondary Vegetation and the Total, in the agroforestry.

Subfamilia	PC			PL			PT			VS			Total	
	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	A	S
Agathidinae	2	5	32	2	4	24	3	5	6	2	2	4	66	8
Alysiinae	1	1	3	4	4	33	2	2	2	2	2	5	43	5
Aphidiinae	-	-	-	-	1	78	-	-	-	-	-	-	78	1
Blacinae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	7	7	2
Braconinae	3	5	44	4	6	39	3	5	7	1	1	3	93	7
Cardiochilinae	-	-	-	1	2	18	-	1	1	-	1	1	20	2
Cheloninae	2	6	11	3	9	63	2	5	9	2	3	5	88	16
Doryctinae	4	10	19	6	24	95	3	9	25	2	14	24	163	31
Euphorinae	3	3	4	3	4	25	1	1	2	1	1	2	33	6
Homolobinae	-	-	-	2	2	6	2	2	2	-	-	-	8	3
Hormiinae	4	7	17	7	15	84	2	2	8	5	7	11	120	16
Ichneutinae	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1
Macrocentrinae	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Mendesellinae	1	1	2	1	1	7	-	-	-	-	-	-	9	1
Meteorinae	1	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	-	2	1
Microgastrinae	-	18	247	-	19	572	-	19	121	-	10	46	986	23
Miracinae	1	1	4	1	1	17	-	-	-	1	1	6	27	1
Opiinae	1	5	47	1	7	143	1	4	6	1	4	39	35	7
Orgilinae	2	2	5	1	1	4	1	2	4	2	2	4	17	4
Rogadinae	2	2	10	2	3	23	-	-	-	1	1	1	34	4
Total	28	68	447	39	104	1232	21	58	194	21	51	158	2031	140

**Tabla 2.** Índice de diversidad de Shannon-Wiener, Número total de morfoespecies, Singletons, Doubletons, Especies únicas y especies raras en los sistemas. PC plantación de coco; PL plantación de limón; PT pastizal y VS vegetación secundaria en el sistema agroforestal.

**Table 2.** Shannon-Wiener diversity index, Total number of morphospecies, Singletons, Doubletons, Unique species and rare species in the systems. PC coconut plantation; PL lemon plantation; PT grassland and VS secondary vegetation in the agroforestry.

	PC	PL	PT	VS
Índice de Shannon-Wiener	3.43	3.77	3.41	3.45
Número total de especies	68	104	58	51
Especies sencillas (Singletons)	28	25	28	20
Especies dobles (Doubletons)	7	13	12	14
Especies únicas (Uniques)	35	31	32	30
Especies raras	35	38	40	34

mayor riqueza y abundancia se ha encontrado en vegetación secundaria y huertos familiares (Castillo-Sánchez *et al.*, 2019; Chay-Hernandez *et al.*, 2006).

### Estimación de riqueza específica

De acuerdo con el ICE se capturó en promedio para el sistema agroforestal el 60% de las especies, mientras que para el Jacknife de primer orden se capturó el 70% de acuerdo con lo estimado para el sistema agroforestal (Tabla 3). Se considera que esta estimación es adecuada, ya que en otros estudios se ha reportado que para los braconidos es de 53% en cultivos rodeados de vegetación secundaria (Chay-Hernandez *et al.*, 2006).

### Similitud de las comunidades

El índice de Sorensen indicó que los sistemas que presentaron la mayor similitud fueron PC con VS, seguidos por PT con VS, en tercer lugar, PL con VS y los que presentaron la menor similitud fueron PC con PT (Tabla 4). Esto señala la importancia de conservar remanentes de vegetación secundaria en los sistemas agroforestales, ya que se observó que VS es similar a los cultivos, lo que se ha observado en otros sistemas agroforestales en Yucatán (Castillo-Sánchez *et al.*, 2019).

En este sistema agroforestal queda por explorar el papel de la abundancia de los herbívoros, que ha sido señalada en otros casos, como un factor que sugiere que la presencia de los herbívoros afecta el número de parasitoides

**Tabla 3.** Estimadores de riqueza ICE y Jacknife de primer orden (Jacknife 1), respecto a las morfoespecies capturadas, calculados en los sistemas de PC plantación de coco; PL plantación de limón; PT pastizal y VS vegetación secundaria en el sistema agroforestal.

**Table 3.** ICE and first order Jacknife (Jacknife 1) wealth estimators, with respect to the morphospecies captured, calculated in the systems of PC coconut plantation; PL lemon plantation; PT grassland and VS secondary vegetation in the agroforestry.

	PC	PL	PT	VS
Morfoespecies capturadas	68	104	58	51
ICE	120	129	103	94
% Capturado de ICE	57%	81%	56%	54%
Jacknife 1	97	130	85	76
% Capturado de Jacknife 1	70%	80%	68%	67%

**Tabla 4.** Similitud de la comunidad de braconidos en los sistemas de PC plantación de coco; PL plantación de limón; PT pastizal y VS vegetación secundaria en el sistema agroforestal.

**Table 4.** Braconid community similarity in the systems of PC coconut plantation; PL lemon plantation; PT grassland and VS secondary vegetation in the agroforestry.

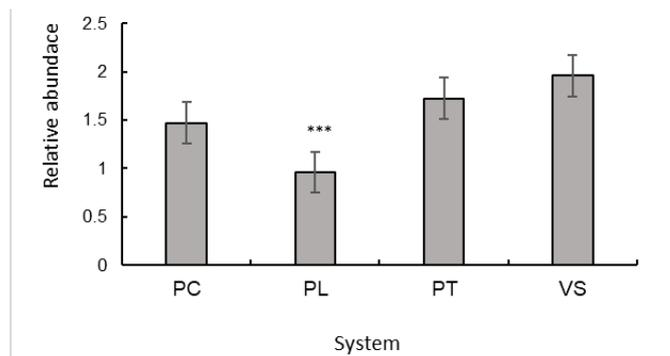
	PC	PL	PT	VS
PC	-	0.41	0.33	0.65
PL	-	-	0.49	0.54
PT	-	-	-	0.58
VS	-	-	-	-

y la densidad de su población respecto al paisaje, el clima y el manejo (Koricheva *et al.*, 2000; Schmidt *et al.*, 2003). Lo cual señala que la presencia de herbívoros en los cultivos, ocasionado por la concentración de un solo recurso repercutirá en la incidencia de ciertas plagas, que resultan en una fuente importante para la atracción de ciertos parasitoides, incrementando la abundancia de los consumidores como lo propone la Hipótesis de Más Individuos (Srivastava y Lawton, 1998).

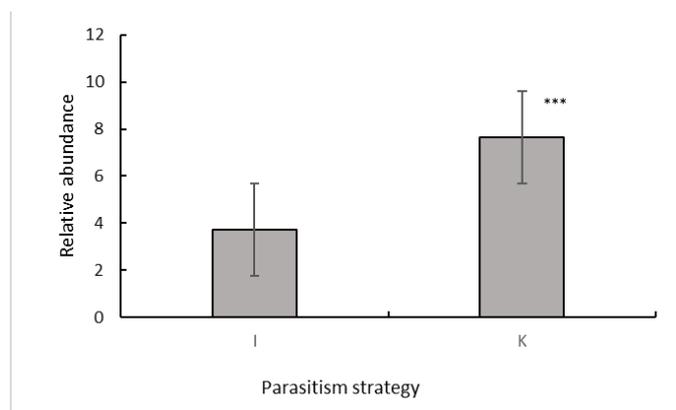
Por otra parte, el policultivo (VS) puede presentar mayor diversidad vegetal que los otros sistemas, probablemente funcione como hábitat natural o refugio para los parasitoides que se dispersan hacia los diferentes tipos de manejo dentro del sistema agroforestal (Thies y Tschardtke, 1999) lo cual debe explorarse.

### Efecto del sistema en la abundancia

En cuanto a la respuesta cuantitativa en la abundancia relativa en el sistema y la estrategia de parasitismo de los braconidos, se observó que el sistema tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la abundancia ( $F_{1,3} = 2.8125$   $p = 0.000$ ). Se observaron valores mayores de abundancia relativa en PC, PT y VS respecto a PL (Figura 1). En cuanto a la estrategia de parasitismo se encontró un efecto significativo en la abundancia ( $F_{1,2} = 8.5947$   $p = 0.000$ ), siendo mayor en koinobiontes respecto a los idiobiontes (Figura 2). Sin embargo, no se encontró un efecto de interacción entre el sistema y la estrategia de parasitismo ( $F_{1,1} = 0.6097$   $p = 0.65$ ), en el sistema agroforestal.



**Figura 1.** Abundancia relativa promedio ( $EE \pm$ ) de las morfoespecies de braconidos por sistemas. PC plantación de coco; PL plantación de limón; PT pastizal y VS vegetación secundaria en el sistema agroforestal (\*\*\*) $p < 0.05$ ).  
**Figure 1.** Average relative abundance ( $EE \pm$ ) of braconid morphospecies per system. PC coconut plantation; PL lemon plantation; PT grassland and VS secondary vegetation in the agroforestry (\*\*\*) $p < 0.05$ ).



**Figura 2.** Abundancia promedio relativa por estrategia de parasitismo (EE  $\pm$ ) de las morfoespecies de braconidos en el sistema agroforestal (\*\*\*) $p < 0.05$ ).

**Figure 2.** Relative average abundance by parasitism strategy (EE  $\pm$ ) of braconid morphospecies in the agroforestry (\*\*\*) $p < 0.05$ .

Con los datos obtenidos en este sistema agroforestal se pudo observar que los monocultivos (e.g. PL), presentaron mayor diversidad de especies, en cuanto a riqueza taxonómica y abundancia de individuos. Sin embargo, para himenópteros parasitoides considerados “enemigos especializados”, estos no son afectados por la manipulación de la diversidad de plantas (Koricheva *et al.*, 2000; Abdala-Roberts *et al.*, 2016a).

### Proporción de la estrategia de parasitismo

Koinobionte representó el 63%, 36% se clasificó como Idiobionte y el 1% corresponde al registro de una morfoespecie del género *Epsilogaster* (Mendesellinae) del cual se desconoce su estrategia. El porcentaje de koinobiontes más alto se presentó en PT, seguido de PC, VS y PL. Los idiobiontes con los porcentajes más altos e iguales PL y VS, seguidos por PC y PT (Tabla 5). Este resultado sugiere que en un sistema agroforestal, las especies de braconidos especialistas son más abundantes, principalmente en los monocultivos; y los generalistas se concentran en los sistemas de mayor complejidad como la vegetación secundaria.

En este sistema agroforestal se encontró que el mayor número de individuos se clasificaron como koinobiontes y que la presencia de estos es independiente del sistema de cultivo. Un mecanismo que podría explicar los patrones encontrados en este sistema agroforestal puede ser “mecanismo de más especialización” (Obermair *et al.*, 2008) que indica la especialización previene la competencia, así que comunidades productivas sustentan un mayor número de especies.

Los resultados corresponden a lo reportado por Askew y Shaw (1986), Hawkins (1994), Ruiz-Guerra *et al.* (2014), Rodríguez-Solis *et al.* (2016) donde indican que la comunidad de braconidos está dominada por parasitoides koinobiontes, menciona que la especialidad del huésped no está relacionada con el grado de perturbación y por ello los parasitoides koinobiontes pueden ocurrir tanto en la etapa temprana como en la fase sucesional tardía de la vegetación.

**Tabla 5.** Estrategias de parasitismo y morfoespecies en las que no se conoce (?=desconocida) expresadas en total y porcentaje para PC plantación de coco; PL plantación de limón; PT pastizal y VS vegetación secundaria en el sistema agroforestal.

**Table 5.** Strategies of parasitism and morphospecies which are unknown (?), expressed in total and percentage for PC coconut plantation; PL lemon plantation; PT grassland and VS secondary vegetation in the agroforestry.

	PC	%	PL	%	PT	%	VS	%
Koinobiontes	45	66	58	56	42	72	29	57
Idiobiontes	22	32	45	43	16	28	22	43
?	1	2	1	1	-	-	-	-
Total	68	100	104	100	58	100	51	100

Se considera que los braconidos son de gran importancia por su participación y utilización en los programas de control biológico de plagas forestales, frutales, hortalizas y de cultivos extensivos en todo el mundo (Coronado *et al.*, 2010). Pero los mecanismos de esta posible regulación en sistemas manejos son poco explorados, particularmente en los sistemas agroforestales que poseen altos niveles de diversidad vegetal y mantienen altos niveles de biodiversidad, con cambios abióticos y bióticos que pueden afectar las comunidades de insectos (Klein *et al.*, 2002).

Finalmente se debe considerar en futuros trabajos experimentales los controles ejercidos por los efectos de abajo hacia arriba de la diversidad de plantas y los de arriba hacia abajo de los consumidores. Sumando a esto el contexto de las interacciones que ocurren en los sistemas agroforestales debe ser estudiado con respecto a las comunidades (e.g. insectos, animales) asociados en los diferentes niveles tróficos y el papel funcional que toman en estos sistemas.

### CONCLUSIONES

La subfamilia Microgasterinae fue la más abundante. El sistema PL presentó la mayor riqueza de subfamilias y géneros. La VS fue la que mayor similitud presentó con respecto a los otros sistemas. En cuanto a la abundancia y el sistema se encontró un efecto significativo y fue claro que la estrategia de parasitismo koinobionte fue mayor.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el TecNM a través de los siguientes proyectos: 10396.21-P; 6581-18P; 6194.17P.

### REFERENCIAS

- Abdala-Roberts, L., González-Moreno, A., Mooney, K.A., Moreira, X., González-Hernández, A. y Parra-Tabla, V. 2016a. Effects of tree species diversity and genotypic diversity on leafminers and parasitoids in a tropical forest plantation. *Agricultural and Forest Entomology*. 18: 43-51.
- Abdala-Roberts, L., Hernández-Cumplido, J., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D., Benrey, B. y Moreira, X. 2016b. Effects of plant intraspecific diversity across three trophic levels: Underlying mechanisms and plant traits. *American Journal of Botany*. 103: 1810-1818.
- Abdala-Roberts, L., Mooney, K.A., Quijano-Medina, T., Campos-Navarrete, M.J., González-Moreno, A. y Parra-Tabla, V. 2015. Comparison of tree genotypic diversity and species diversity

- effects on different guilds of insect herbivores. *Oikos*. 124: 1527-1535.
- Barral, M.P., Benayas, J.M.R., Meli, P. y Maceira, N.O. 2015. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 202: 223-231.
- Campos-Navarrete, M.J., Munguía-Rosas, M.A., Abdala-Roberts, L., Quinto, J. y Parra-Tabla, V. 2015a. Effects of tree genotypic diversity and species diversity on the arthropod community associated with big-leaf mahogany. *Biotropica*. 47: 579-587.
- Campos-Navarrete, M.J., Abdala-Roberts, L., Munguía-Rosas, M.A. y Parra-Tabla, V. 2015b. Are tree species diversity and genotypic diversity effects on insect herbivores mediated by ants?. *Plos One*. 10: e0132671.
- Chay-Hernández, D.A., Delfín-González, H. y Parra-Tabla, V. 2006. Ichneumonoidea (Hymenoptera) community diversity in an agricultural environment in the state of Yucatan, Mexico. *Environmental entomology*. 35: 1286-1297.
- Castagnyrol, B., Giffard, B., Péré, C. y Jactel, H. 2013. Plant apparency, an overlooked driver of associational resistance to insect herbivory. *Journal of Ecology*. 101: 418-429.
- Castillo-Sánchez, L.E., Jiménez-Osornio, J.J., Delfín-González, H., Ramírez Pech, J., Canul-Solís, J.R., González-Moreno, A. y Campos-Navarrete, M.J. 2019. Diversity of Ichneumonoidea (Hymenoptera) in three types of land use in a multiple production agroecosystem in Xmatkuil, Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias*. 6.
- Colwell, R.K. y Coddington, J.A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 345: 101-118.
- Coronado-Blanco, J.M., Ruíz-Cancino, E., López-Martínez, V., Sánchez-García, J.A., Figueroa-De la Rosa, J.I. y Delfín-González, H. 2010. Braconidae (Hymenoptera) en México. II Taller Internacional de Recursos Naturales.
- Coronado-Blanco, J.M. y Zaldívar-Riverón, A. 2014. Biodiversidad de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 372-378.
- Coronado-Blanco, J.M. 2011. Braconidae (Hymenoptera) de Tamaulipas, México. Primera edición. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Crawley M.J. 2007. *The R book*. 1st ed. Chichester: John Wiley y Sons Ltd. New York.
- Delfín, G.H. y Burgos R., D. 2000. Los braconidos (Hymenoptera: Braconidae) como grupo parámetro de biodiversidad en las selvas deciduas del trópico: una discusión acerca de su posible uso. *Acta Zoológica Mexicana*. 79: 43-56.
- Garbach, K., Milder, J.C., Montenegro, M., Karp, D.S. y DeClerck, F.A.J. 2014. Biodiversity and ecosystem services in agroecosystems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 2: 21-40.
- Goulet, H. y Huber, J.T. 1993. *Hymenoptera of the world: and identification guide to families*. 1st ed. Canada Communication Group. Ottawa, Canada.
- Hambäck, P.A., Inouye, B.D., Andersson, P. y Underwood, N. 2014. Effects of plant neighborhoods on plant-herbivore interactions: resource dilution and associational effects. *Ecology*. 95: 1370-1383.
- Hawkins, B.A., Shaw, M. R. y Askew, R.R. 1992. Relations among assemblage size, host specialization, and climatic variability in North American parasitoid communities. *The American Naturalist*. 139: 58-79.
- Inegi. Encuesta Intercensal. [Consultado 23 agosto 2020] 2015. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- Jones, O.R., Purvis, A., Baumgart, E. y Quicke, D.L. 2009. Using taxonomic revision data to estimate the geographic and taxonomic distribution of undescribed species richness in the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Insect Conservation and Diversity*. 2: 204-212.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. y Tscharncke, T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*. 16: 1003-1014.
- Koricheva, J., Mulder, C.P., Schmid, B., Joshi, J. y Huss-Danell, K. 2000. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. *Oecologia*. 125: 271-282.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Harper Collins. New York, USA.
- Ludwing, J.A. y Reynolds, J.F. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. 1st ed. John Wiley and Sons. USA.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. 1st. Princeton University Press. New Jersey, USA.
- Mayr, E. y Ashlock, P.D. 1991. *Principles of systematic zoology*. 2nd ed. McGraw Hill. New York, USA.
- Moreira, X., Abdala-Roberts, L., Rasmann, S., Castagnyrol, B. y Mooney, K.A. 2016. Plant diversity effects on insect herbivores and their natural enemies: current thinking, recent findings, and future directions. *Current Opinion in Insect Science*. 14: 1-7.
- Nicholls, C.I. 2008. *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Primera edición. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Nieves-Aldrey, J.L. y Rey del Castillo, C. 1991. Ensayo preliminar sobre la captura de insectos por medio de una trampa "Malaise" en Sierra de Guadarrama (España), con especial referencia a los himenópteros (Insecta, Hymenoptera). *Ecología*. 5: 383-403.
- Noyes, J.S. 1982. Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Journal of Natural History*. 16: 315-334.
- Obermaier, E., Heisswolf, A., Poethke, H.J., Randlkofer, B. y Meiners, T. 2008. Plant architecture and vegetation structure: two ways for insect herbivores to escape parasitism. *European Journal of Entomology*. 105: 233-240.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rabinowitz, B.J. y Price, P.W. 1976. Anomalous diversity of tropical Icterinae parasitoids: a predation hypothesis. *The American Naturalist*. 110: 889-893.
- Rodríguez-Solís, B.A., Trejo-Rivero, J.A., Nava-Guizar, R.J. y González-Moreno, A. 2016. Variación espacial de subfamilias de braconidos (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en una reserva privada del estado de Yucatán, México. *Entomología Mexicana*. 3: 555-559.

- Ruiz-Guerra, B., López-Acosta, J.C., Zaldivar-Riverón, A. y Velázquez-Rosas, N. 2015. Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) abundance and richness in four types of land use and preserved rain forest in southern Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 164-171.
- Russell, E.P. 1989. Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environmental Entomology*. 18: 590-599.
- Schmidt, M.H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M. y Tschardtke, T. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 270: 1905-1909.
- Scolozzi, R. y Geneletti, D. 2012. A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity. *Environmental Impact Assessment Review*. 36: 9-22.
- Shaw, M.R. y Huddleston, T. 1991. Classification and biology of braconid wasps. (Hymenoptera: Braconidae). *Handbooks for the identification of British insects*. 1st ed. Royal entomological society of London. London.
- Simpson, G. G., 1961. *Principles of animal taxonomy*. 2nd ed. Columbia University Press. New York, USA.
- Spellerberg, I.F. 1991. A Biological and ecological basis for monitoring. *Elements of ecology and ecological methods*. En: *Monitoring Ecological Changes*. Spellerberg, I. F. (Ed.), pp: 61-90. Cambridge University Press. Cambridge.
- Srivastava, D.S. y Lawton, J.H. 1998. Why more productive sites have more species: an experimental test of theory using tree-hole communities. *The American Naturalist*. 152: 510-529.
- Thies, C. y T. Tschardtke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*. 285: 893-895.
- Thies, C., Roschewitz, I. y Tschardtke, T. 2005. The landscape context of cereal aphid-parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 272: 203-210.
- Unsicker, S.B., Oswald, A., Köhler, G. y Weisser, W.W. 2008. Complementarity effects through dietary mixing enhance the performance of a generalist insect herbivore. *Oecologia*. 156: 313-324.
- Wharton, R.A., Marsh, P.M. y Sharkey, M.J. 1997. *Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera)*. 1 ed. International Society of Hymenopterists. New York, USA.