SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Tecnológico Nacional de México

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

COMUNIDADES DE PARASITOIDES ASOCIADOS A CULTIVO DE MAÍZ Y SU IMPACTO EN *Spodoptera frugiperda*

TESIS

Que presenta:

Omar Ariel Orozco Peón

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dra. Alejandra del Socorro González Moreno

Conkal, Yucatán, México
Enero, 2019

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, 14 de Enero de 2019

El comité de tesis del candidato a grado: Omar Ariel Orozco Peón, constituido por los CC. Dra. Alejandra del Socorro González Moreno, Dr. Esaú Ruíz Sánchez, Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez y Dr. José Tun Suarez habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Comunidades de Parasitoides asociados a Cultivos de Maíz y su Impacto en *Spodoptera Frugiperda*,** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dra. Alejandra del Socorro González Moreno
Directora de Tesis

Dr. Esaú Ruíz Sánchez
Director de Tesis
Co-director de Tesis

Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez
Asesor de Tesis

Dr. José Maria Tun Suarez
Asesor de Tesis

REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

Conkal, Yucatán, Mèxico a 14 de Enero 2019

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Omar Ariel Orozco Peón

REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCION GENERAL 1

1.1 Introducción 1

1.2 Antecedentes 3

1.3 Hipótesis 5

1.4 Objetivo 5

1.4.1 General 5

1.4.2 Específicos 5

1.5 Procedimiento Experimental 6

1.5.1 Análisis de datos 6

1.6 Literatura Citada 8

CAPITULO II. COMUNIDADES Y GREMIOS DE PARASITOIDES (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) EN CULTIVO DE MAÍZ Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA CIRCUNDANTE 15

2.1 Resumen 15

2.2 Introducción 17

2.3 Materiales y Métodos 18

2.4 Resultados 19

2.4.1 Riqueza, composición y diversidad de géneros 19

2.4.2 Gremios tróficos 24

2.4.1 Discusión 26

2.5 Conclusiones 29

2.6 Agradecimientos 30

2.7 Literatura Citada 30

CAPUTULO III. PARASITOIDES DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EN EL SURESTE DE MÉXICO. 36

3.1 Resumen 36

3.2 Introducción 37

3.3 Materiales Y Métodos 38

3.3.1 Sitio de estudio 38

3.3.2 Colecta de estadios inmaduros de *S. frugiperda* 38

3.3.3 Desarrollo del ciclo de vida y porcentaje de parasitismo 39

3.3.4 Componentes Inorgánicos 39

3.3.5 Análisis de datos 40
3.4 Resultados Y Discusión 40
3.4.1 *Spodoptera frugiperda* 40
3.4.2 Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* 42
3.4.3 Emergencia de parasitoides y porcentaje de parasitismo 44
3.4.4 Efecto de la aplicación de pesticidas 47
3.5 Conclusión 49
3.6 Bibliografía 50

ÍNDICE DE FIGURAS

Capitulo II

Figura 1. Porcentaje de parasitoides representado por subfamilias de ichneumonidae. ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

figura 2. Curvas de acumulación de individuos de ichneumonidae muestreados en dos cultivos de maíz (10 y 50 ha) y selva baja caducifolia circundante de maíz. ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

figura 3. Rango-abundancia de subfamilias de parasitoides de ichneumonidae en dos cultivos de maíz (10 y 50 ha) y una selva baja caducifolia circundante de maíz. .... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Capitulo III

Figura 1. Región de pose de la planta donde se colectaron las larvas de *s. Frugiperda* asociadas a cultivo de maíz 41

Figura 2.número de hojas de la planta donde se colectaron las larvas parasitoidizadas asociadas cultivo de maíz 42

Figura 3. Altura de la planta donde se llevó a cabo las colectas de larvas de s. Frugiperda asociadas a cultivos de maíz 42

Figura 4. Desarrollo en días del ciclo biológico de larvas de *spodoptera frugiperda* con parasitismo y sin parasitismo hasta el estado adulto asociados a cultivo de maíz 44

Figura 5. Emergencia de *spodoptera frugiperda* y parasitoides asociados a cultivos de maíz 46

Figura 6. Elementos inorgánicos presentes en pupas de parasitoides con y sin aplicación 48
Figura 7. Total de parasitoides y pupas sin eclosión con y sin aplicación 48
Figura 8. Duración de estadios de las pupas de parasitoides con y sin aplicación 49

INDICE DE CUADROS

Capitulo II

Cuadro 1. Abundancia de subfamilias de ichneumonidae en dos cultivos de maíz (10 y 50 ha) y selva baja caducifolia circundante de maíz. ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Cuadro 2. Diversidad alfa en dos cultivos de maíz (10 y 50 ha) y una selva baja caducifolia circundante determinados por el índice de simpson. ... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Capitulo III

Cuadro 1. Longitud de la larva en relación con su estadio 39

CAPITULO I. INTRODUCCION GENERAL

1.1 Introducción

El maíz es uno de los principales cultivos de gran importancia económica, social y cultural, para México, además de que representa una fuente de alimento muy importante, tanto en áreas rurales como urbanas con el 51.6% de la superficie nacional cultivada. Hasta el 2016 se cuenta con una superficie cosechada de 5 millones 927 mil 927.70 (Ha) (SIAP, 2013, 2016).

En el estado de Campeche, el cultivo de maíz para grano se lleva a cabo por cerca de 30 mil productores, obteniendo el 48% del valor del Producto Interno Bruto agrícola de dicha entidad (INIFAP); así mismo el estado de Campeche tiene una superficie de 10,245 ha sembradas, con una cosecha de 10,229 ha (SIAP, 2014).

Al igual que muchos cultivos, el maíz presenta plagas de importancia económica (Ozores-Hampton *et al.*, 2014), de las cuales, el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las más dañinas (Nuessly *et al*., 2007); este fitófago ataca a las plantas a lo largo de su crecimiento, causando daños costosos de gran importancia económica; otros cultivos de su preferencia son el arroz, el sorgo, el cacahuate, Soja, alfalfa y hierbas forrajeras (Knipling, 1980, Pashley, 1986, Lu y Adang, 1996; Sparks, 1979; Pair *et al*., 1986b); además de que es una plaga devastadora en toda América (Kranz *et al*., 1977).

El control biológico, utilizando parasitoides, es una alternativa para controlar las infestaciones de plagas como *S. frugiperda* (Luginbill, 1928; Vickery, 1929) y actualmente este tipo de control, ha adquirido importancia en los programas de manejo de plagas agrícolas, debido a la creciente necesidad de una agricultura sostenible; en los que sobresalen tres maneras de realizarse: (1) a través de la introducción de enemigos naturales específicos desde el área de origen de las plagas, (2) mediante la reproducción masiva o (3) por medio de la conservación de enemigos naturales que habitan en los ecosistemas circundantes (Vázquez *et al*., 2008).

Dentro de los enemigos naturales de plagas, los parasitoides del orden Hymenoptera son uno de los grupos más diversos con 115,000 a 199,000 especies descritas. Su importancia radica en esta diversidad y por el papel que desempeñan, no sólo en la naturaleza como reguladores naturales de insectos fitófagos y contribuyendo al equilibrio natural de los ecosistemas terrestres (LaSalle y Gauld 1993, Hawkins *et al.*, 1997, Sharkey, 2007), sino también por tener un efecto significativo en sistemas manejados, como controladores biológicos de plagas (Townes, 1966).

Dentro de los parasitoides, la familia Ichneumonidae es una de las familias con el mayor número de especies descritas (Yu *et al.*, 2012) y con un estimado de más de 100,000 para el mundo y más de 35,000 para la región Neotropical; por su biología, al mantener en equilibrio las poblaciones de insectos fitófagos (LaSalle y Gauld 1993, Hawkins *et al*., 1997); por ser altamente sensibles a los cambios ambientales (Lewis y Whitning, 1999), lo que los ha hecho un grupo utilizado como modelo en varios estudios sobre patrones de alteración y modificaciones del hábitat (Hol-loway y Stork 1991, Kremen *et al.*, 1993; Samways, 1993; Delfín y Burgos, 2000). De igual forma, varias especies han sido registradas como controladores biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Yu *et al*., 2012).

Un gran número de estudios han demostrado que los parasitoides son particularmente sensibles a la intensificación agrícola debido a su tamaño reducido, relativamente baja capacidad de dispersión, alta especificidad de hospederos y su dependencia sobre ciertos hábitats que les proporcionen tanto hospederos como recursos florales (LaSalle & Gauld, 1991; Landis et al., 2000; Tscharntke *et al*., 2002; Inclán *et al*., 2014). De igual forma, la intensificación agrícola medida en un aumento de superficie del cultivo, puede afectar cambios en la estrategia de elección de comida por parte de los parasitoides e influir en las tasas de parasitismo y en la efectividad de estos insectos para biocontrol (Hawro *et al*., 2015). Sin embargo, la manera en que este aumento en la superficie de cultivo impacta sobre la composición de especies y el movimiento de parasitoides entre hábitats no está claro (Inclan *et al*., 2014, 2015).

El conocimiento de este movimiento de parasitoides es esencial para inferir la capacidad de dispersión relacionada con control biológico y potencialmente para producir patrones de parasitismo (Roland, 2000). Este movimiento puede ser estudiado indirectamente por la exploración de las especies compartidas entre hábitats (Hochberg e Ives, 2000).

Aunado a esto, el aumento de la abundancia y la diversidad de parasitoides en los sistemas agrícolas están influenciadas por la diversidad de la vegetación dentro y alrededor del sistema y la gestión específica del cultivo (Hawkins, 1994; Kuniata y Sweet, 1994; Cerda, 1995; Khan *et al*., 1997; Chay-Hernández, 1999; 2006; Nicholls y Altieri, 1999).

Considerando lo anterior y la importancia del grupo, se plantea el presente trabajo con el objetivo de contribuir a paliar la escasez de información de la diversidad de parasitoides presentes de manera natural en agroecosistemas de gran importancia económica como es el maíz. Además de determinar si el tamaño del cultivo puede influir en la eficacia del parasitismo.

1.2 Antecedentes

Existen numerosos estudios sobre los parasitoides de maíz, describiendo principalmente la relación hospedero-parasitoides (ej. Marenco & Saunders, 1993; Morales et al., 2000, 2007; Murúa et al., 2003; Virla, 2004; Ceballos et al., 2009; Bahena-Juárez et al., 2010; Zaché et al., 2010; Camacho-Baez et al., 2012; García-Gutierrez et al., 2013; Virgen et al., 2013; González-Maldonado et al., 2014; Maciel & Araiza, 2015; González et al., 2015; Gutierrez-Ramírez et al., 2015). Sin embargo, los estudios a nivel de paisaje considerando la diversidad general de los parasitoides, son mucho menores (ej. Ostman et al., 2001; Roschewitz et al., 2005; Tscharntke et al. 2005; Zhao et al., 2014; Pak et al., 2015; Meagher et al., 2016). En general, la mayoría de estos estudios concluyen que la diversidad del paisaje favorece la diversidad de parasitoides, especialmente cuando los paisajes están conformados por cultivos rodeados de vegetación natural. Por lo que las

áreas agrícolas rodeadas de sistemas naturales favorecen la migración de especies entre ambos sistemas (Landis et al., 2000), lo que beneficia la disminución de insectos plaga de una forma natural.

Los estudios de Ichneumonidae en México registran 28 subfamilias con 300 géneros, con 580 especies (45% del total) endémicas de México (Ruíz-Cancino *et al.*, 2013); los géneros con más especies son, *Mesochorus* (73), *Enicospilus* (56), *Cryptanura* (30), *Lymeon* (28), *Polycyrtus* (24), *Diapetimorpha* (20), *Exetastes* (20), *Venturia* (19) entre otros (Ruíz-Cancino *et al.*, 2013).

Para Yucatán se han realizado varios estudios taxonomicos y de diversidad de icneumónidos como los realizados por González-Moreno *et al*., 2010; González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J. & Delfín-González, H. 2012; González-Moreno, A., S. Bordera y H. Delfín-González, 2015a; González-Moreno *et al*., 2015b. Dichos estudios han señalado a Yucatán como uno de los dos estados con mayor riqueza de especies identificada para el país. Pero, la mayoría de estos trabajos se han realizado en áreas naturales protegidas y en remanentes de vegetación natural.

Particularmente en la región, los estudios en agroecosistemas son escasos. Específicamente, sobre parasitoides de maíz en el Estado de Yucatán, sólo se conoce el trabajo por Delfin-González *et al* (2007), que registran cuatro especies de parasitoides emergidas de *Spodoptera frugiperda*, sin considerar aspectos de diversidad y mucho menos de la influencia del paisaje que rodea al cultivo. Otro estudio fue el de Chay-Hernández *et al*. (2016) realizados en un cultivo de maíz asociado con otras plantas como frijol, rodeado de vegetación natural, concluyendo la importancia de la vegetación circundante en los cultivos. Específicamente para el Estado de Campeche sólo existe un trabajo faunístico sobre especies de Ichneumonidae en Escárcega, Campeche (García-Ramírez *et al*. 2016).

Por lo que es importante conocer la diversidad de parasitoides en los hábitats agrícolas, para poder en un futuro desarrollar propuestas para el manejo del habitat, que favorezca la presencia de los enemigos naturales (Lewis y Nordlund, 1980).

1.3 Hipótesis

Se espera encontrar comunidades diversas de parasitoides en los agroecosistemas de maíz debido a la vegetación natural circundante, así como especies nativas de parasitoides atacando gusano cogollero, debido a la riqueza de especies de parasitoides registradas para la península de Yucatán.

1.4 Objetivo

1.4.1 General

Determinar las comunidades de parasitoides en cultivos de maíz y su impacto en *Spodoptera frugiperda*.

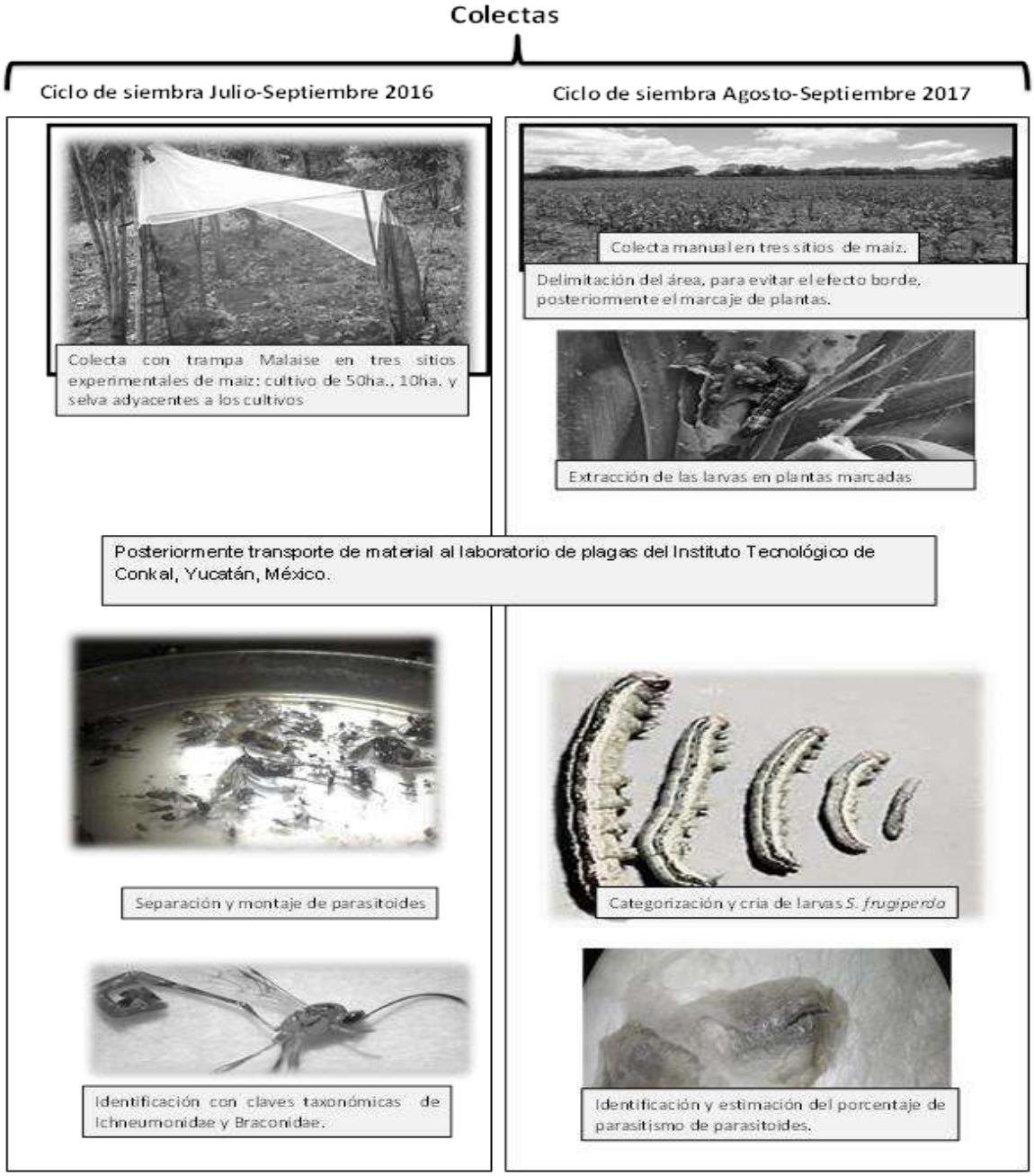
1.4.2 Específicos

•Enlistar las familias de parasitoides asociadas al cultivo de maíz, con potencial para ser utilizados en control biológico.

•Determinar el porcentaje de emergencia de parasitoides presentes en los cultivos.

•Identificar las especies de parasitoides que afectan el desarrollo de *S. frugiperda* asociadas en hábitats de maíz.

1.5 Procedimiento Experimental



1.5.1 Análisis de datos

Para poder enlistar las familias de parasitoides asociadas al cultivo de maíz, con potencial para ser utilizados en control biológico se describieron las comunidades en términos de riqueza de especies, composición de las comunidades y diversidad. Para determinar si el inventario de los géneros estaba completo se construyeron curvas de

acumulación mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell 2016), utilizando el estimador no paramétrico de riqueza, ICE (estimador de cobertura basado en la incidencia), que se basa en los géneros encontradas en menos de 10 muestras, recomendado para este tipo de muestras de artrópodos. Para determinar si existían diferencias en las abundancias de parasitoides entre sitios se realizó un análisis no paramétrico Kruskal-Wallis, con una comparación multiple post-hoc Mann-Whitney con corrección de Bonferroni, para conocer que sitios eran diferentes entre sí. Para analizar la composición de las comunidades de Ichneumonidae se construyeron curvas de rango-abundancia (también conocidas como curvas de Whittaker) para analizar cómo se distribuye la riqueza y la abundancia de cada género dentro de cada sitio de muestreo. También se analizó la diversidad utilizando el índice de dominancia de Simpson con el programa Species Diversity and Richness III (Magurran 2004).

Adicionalmente, se hizo un análisis de gremios tróficos considerando la clasificación de Garbarczyk y Sawoniewicz (1984) modificada por Mazon y Bordera (2014) sobre el grado de especialización y el tipo de hospedero que utilizan los géneros de los parasitoides encontrados. Para lo cual también se describieron los ensambles de gremios mediante curvas de Whitakker, así como el análisis de diversidad y análisis de correspondencia para determinar la relación entre gremios y los sitios estudiados, utilizando el software PAST (Hammer *et al*. 2001).

Para poder identificar las especies de parasitoides que afectan el desarrollo de *S. frugiperda* y el porcentaje de emergencia se calculó la siguiente fórmula:

El porcentaje de parasitismo (% P) se calculó según la formula (Van Driesche,1983; Pair et al., 1986; y Crisóstomo-Legaspi et al., 2001), con esto se conocerá el Porcentaje de adultos vivos, larvas muertas y parasitismo.

$$\%P: \frac{\text{No. individuos de la especie "i". 100}}{\text{Total de individuos recolectados}}$$

1.6 Literatura Citada

Altieri, M. A. 1991. Increasing biodiversity to improve insect pest management in agro-ecosystems. Chapter XIV, pp. 165-182 In D. L. Hawksworth The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture. CAB International, Wallingford, UK.

Ashley, T.R., 1983. Growth pattern alterations in fall armyworm, Spodoptera frugiperda, larvae after parasitization by Apanteles marginiventris, Campoletis grioti, Chelonus insularis, and Eiphosoma vitticole. Fla. Entomol. 66, 260–266

Cameron, P.J., Valentine, E.W., 1985. Evaluation of Cotesia kazak (Hymenoptera: Braconidae) a parasite of larval Heliothis armígera conferta (Lepidoptera: Noctuidae) in New Zealand. N. Z. J. Agric. Res. 28, 545–553.

Cave, R. D., 1995. Manual para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. (Zamorano: Zamorano Academic Press).

Cave, R. D., 1993. Parasitoides larvales y pupales de Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Centro Ame´ rica con una clave para las especies encontradas en Honduras. Ceiba, 34, 33 – 56.

Cerda, O.G.M. 1995. Respuesta de la fauna benefica del cafeto (Coffea arabica) a varias frecuencias de aplicación de endosulfan, en Costa Rica. MS thesis, Centro Agronomico Tropical de Investigacio´n y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Chay-Hernández, D. A. 1999. Diversidad y abundancia de la comunidad de braco´ nidos (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en cultivos de cucurbitáceas y solanáceas y en una selva baja caducifolia en Yucatán, México. BSc dissertation, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Chay-Hernández, D. A., Delfín-González, H., & Parra-Tabla, V. (2006). Ichneumonoidea (Hymenoptera) community diversity in an agricultural deciduas del Trópico: Una discusión acerca de su posible uso. *Acta Zoológica Mexicana, 79*, 43–56.

Coronado-Blanco, J. M., E. Ruíz-Cancino, V. López-Martínez, J. A. Sánchez-García, J. I. Figueroa-De La Rosa y H. Delfín- González. 2010. Braconidae (Hymenoptera) en México. *In* Memoria. II Taller Internacional de Recursos Naturales (CD), V. H. Toledo-Hernández, A. M. Corona-López, A. Flores- Palacios, E. Tovar-Sánchez, J. M. Coronado-Blanco y E. Ruíz- Cancino (eds.). Cuernavaca, Morelos, México. p. 80-87.

Coronado-Blanco, J. M. 2011. Braconidae (Hymenoptera) de Tamaulipas, México. Editorial Planea. México. 203 p.

Cruz, I., And F. T. Turpin. 1982. Efeito da Spodoptera frugiperda em diferentes estagios de crescimento da cultura do milho. Pesq. Agrop. Brasileira. 17: 335- 359.

Díaz M. F., Ramírez A., Poveda K.2012. Efficiency of different egg parasitoids and increased floral diversity for the biological control of noctuid pests. Biological Control 60 182–191.

Delfín, G. H., and D. Burgos. 2000. Los Braconidos (Hymenoptera: Braconidae) como grupo para´metro de biodiversidad en las selvas deciduas del tro´ pico: una discusio´n acerca de su posible uso. Acta Zool. Mex. 79: 43Ð56.

Fernández, F. y Sharkey, M. J. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894p.

Figueroa-De la Rosa J. I., A. A. Valerio, V. López-Martínez, J. B. Whit□eld y M. J. Sharkey. 2003. Two new species of *Epsilogaster* Whit□eld □ Mason (Hymenoptera: Braconidae) from Mexico and Costa Rica. Pan-Pacic Entomologist 79:198-206.

Gauld, I.D. 1991. The Ichneumonidae of Costa Rica, 1. Memoirs of the AmericanEntomological Institute. 47: 1-589.

Gauld, I.D. 1995. The ichneumonoid families, p. 389-463.In Hanson P.& I.D. Gauld (eds). Hymenoptera of Costa Rica.Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.

Gauld, I.D. 1997. The Ichneumonidae of Costa Rica, 2. Memoirs of the American Entomological Institute. 57:1- 485.

Gauld, I.D. 2000. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Memoirs of the American Entomological Institute. 63:1- 453.

Gauld, I.D. 2002.The family Ichneumonidae In: Gauld, I., Godoy, C., Ugalde, J. andSithole, R. The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. Memoirs of the American Entomological Institute, 66: 1-768.

González-Maldonado, M.B., García-Gutiérrez, C., González-Hernández, A., 2014. Parasitism and distribution of Campoletis sonorensis Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) and Chelonus insularis Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of fall armyworm in maize in Durango, Mexico. Vedalia 15, 47–53.

González-Moreno, A. Bordera, S. & Delfín-González, H. (2010). A new species of Endasys Foerster, 1868 (Hymenoptera: Ichneumonidae) from Mexico with additional key to Nearctic species. Zootaxa, 2648, 61-68.

González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J. & Delfín-González, H. (2012). Diurnal flight behaviour of Ichneumonoidea (Insecta: Hymenoptera) related to environmental factors in a tropical dryforest. Environmental Entomology, 41(3), 587-593.

González-Moreno, A., S. Bordera y H. Delfín-González, (2015a). Spatio-temporal diversity of Cryptinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) assemblages in a protected area of southeast Mexico. Journal of Insect Conservation, 19(6), 1153-1161.

González-Moreno A., S. bordera y I. eerikki sääksjärvi. (2015b). Description of three new species of Labena Cresson from Mexico (Hymenoptera, Ichneumonidae, Labeninae), with notes on tropical species richness. Zootaxa, 3948 (3), 573–586.

González-Moreno A., y S. Bordera. (2012). The Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Ria Lagartos Biosphere Reserve, Mexico. Zootaxa. 3230: 1-51.

González-Moreno A. y Santiago, Bordera. (2013). Review of Mexican species of Podogaster Brullé (Hymenoptera: Ichneumonidae), with description of two new species. Neotropical entomology, 42, 39-51.

Gross, H.R. Jr, & Pair , S.D .(1986) The fall armyworm: status and expectations of biological control with parasitoids and predators. *Florida Entomologist* , 69 , 502 – 515 .

Holloway, J. D., and N. E. Stork. 1991. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicators of humanimpact, pp. 37Ð62. *In* D. L. Hawksworth (ed.), The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture. CAB International, Wallingford, UK.

Khan, Z. R., K. Ampong-Nyarko, P. Chiliswa, A. Hassanali, S. Kimani, W. Lwande, W. A. Overholt, J. A. Pickett, L. E. Smart, L. J. Wadhams, and C. M. Woodcock. 1997. Intercropping increases parasitism of pests. Nature (Lond.) 388: 631Ð632.

Kranz, J., Schmutterer, H. & Koch , W. (1977) Diseases, Pests andWeeds in Tropical Crops . Verlag Paul Parey, Germany.

Kremen, C., R. Colwell, T. Erwin, D. Murphy, R. Noss, and M. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. Conserv. Biol. 7: 796Ð 808.

Knipling, E.F. (1980) Regional management of the fall armyworm –a realistic approach? Florida Entomologist, 63, 468 – 480.

Kuniata, L. S., and C.P.M. Sweet. 1994. Management of *Sesamia griscens* Walker (Lep.: Noctuidae), a sugar-cane borer in Papua New Guinea. Crop Prot. 13: 488Ð493.

LaSalle, J. Gauld, I.D. 1993. Hymenoptera and Biodiversity. CAB International, Oxford.

Lewis, C. N., and J. B. Whitfield. 1999. Braconid wasp (Hymenoptera: Braconid) diversity in forest plots under different silvicultural methods. Environ. Entomol. 6: 986Ð997. Hawkins, B. A. 1994. Pattern and process in host-parasitoid interactions. Cambridge University Press, Ascot, UK.

López-Martínez, V., J. I. Figueroa-De la Rosa, M. J. Sharkey, A. Burgos, I. Alia y S. Pineda. 2010. A new species of *Leluthia* (Braconidae: Doryctinae) from Mexico. Journal of the Kansas Entomological Society 83:228-287.

López-Martínez, V. y J. Romero-Nápoles. 2004. Identificatión key to the Mexican and Central American species of *Triaspis* Haliday (Hymenoptera: Braconidae), with descriptions of six new species. Annals of the Entomological Society of America 97:15-27.

Lu, Y. & Adang, M.J. (1996) Distiguishing fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) strains using a diagnostic mitochondrial DNA marker. Florida Entomologist, 79, 48 – 55.

Luginbill, P. 1928. The Fall Armyworm. United States Department of Agriculture, Tech. Bul. 34, 91 pp.

Martínez, J. J. y A. Zaldívar-Riverón. 2010. A new species of *Neoheterospilus* (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) from Chamela, Jalisco, México. Journal of Hymenoptera Research 19:217-222.

Meagher R. L. Jr., Nuessly G. S., Nagoshi R. N., Hay-Roe M. M. 2016.Parasitoids attacking fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn hábitats. Biological Control 95 66–72

Molina-Ochoa, J., Carpenter, J.E., Heinrichs, E.A., Foster, J.E., 2003. Parasitoids and parasites of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. Fla. Entomol. 86, 254–289.

Molina-Ochoa, J., Carpenter, J.E., Lezama-Gutiérrez, R., Foster, J.E., González- Ramírez, M., Angel-Sahagún, C.A., Farías-Larios, J., 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Fla. Entomol. 87, 461–472.

Nicholls, I. C., and M. A. Altieri. 1999. Control biolo´ gico en agroecosistemas mediante el manejo de insectos entomófagos. Bol. Agroecol. Lima, Perú. Jerez, C.M., Ramírez, A., 2006. Reconocimiento de la entomofauna mayor presente en el cultivo

de la uchuva (Physalis peruviana L.) en el departamento de Cundinamarca Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 42.

Pair, S.D., Raulston, J.R., Sparks, A.N., Martin, P.B., 1986a. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids: differential spring distribution and incidence on corn and sorghum in the southern United States and northeastern Mexico. Environ. Entomol. 15, 342–348.

Pair, S.D., Raulston, J.R., Rummel, D.R., Sparks, A.N., Westbrook, J.K., Douce, G.K., 1986b. Fall armyworm distribution and population dynamics in the southeastern states. Fla. Entomol. 69, 468–487.

Pashley, D.P. (1986) Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex? Annals of the Entomological Society of America, 79, 898 – 904.

Pineda. 2011. Revision of the new world genus *Crassomicrodus* Ashmead (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae), with an identication key to species. ZooKeys 142:27-75.

Rodríguez, V.B., Zaragoza-Caballero S., Noguera, F. A., González-Soriano, E., Ramírez-García, E., Rodríguez-Palafox A. y Ayala R. 2011. "Diversidad de avispas parasitoides de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) del bosque tropical caducifolio en San Buenaventura, Jalisco, México".

Sánchez-García, J. A., R. A. Wharton, J. Romero-Nápoles, J. I. Figueroa-De la Rosa, V. López-Martínez, A. M. Martínez, R. Pérez-Pacheco y S. Pineda. 2010. Four new species of *Blacus* Nees (Hymenoptera, Braconidae, Blacinae) from Mexico. Zootaxa 2641:37-46.

Samways, M. J. 1993. Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. Biodiv. Conserv. 2: 258Ð282.

Sparks, A.N., 1979. A review of the biology of the fall armyworm. Fla. Entomol. 62, 82–87.

Stary B., Bezdeka P, Capek M, Stary P, Zeleny J, Sedivy J. 1988. *Atlas of insects bene#cial to forest trees, Vol 2*. Amsterdam: Elsevier. 100 p.

Townes, H. y Townes, M. 1966. A catalogue and reclassification of the Neotropic Ichneumonidae. Memoirs of the American Entomological Institute. 8: 1-367.

Van Achterberg, C. (1993). Illustrated key to the subfamilies of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). Zoologiche Verhandelingen, 283, 1–89.

Vazquez L., Marienzo Y., Veitia M., 2008. Conservacion y manejo de enemigos naturales de insectos fitofagos en los sistemas agricolas de cuba. INISAV Ciudad de la Habana.

Vickery, R. A. 1929. Studies of the fall armyworm in the Gulf Coast district of Texas. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. No. 138.

Wharton, R. A. y V. López-Martínez. 2000. A new species of *Triaspis* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) parasitic of the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). Proceedings of the Entomological Society of America 102:794-801.

Yu, D. S. K., C. van Achterberg y K. Horstmann. 2012. Taxapad 2012, Ichneumonoidea 2011. Database on ash-drive. www.

taxapad.com, Ottawa, Ontario, Canadá. Yu, D. S. K., C. van Achterberg y K. Horstmann. 2012. Taxapad 2012, Ichneumonoidea 2011. Database on ash-drive. www. taxapad.com, Ottawa, Ontario, Canadá.

Zaldívar-Riverón, A. y S. A. Belokobylskij. 2009. The parasitic wasp genus *Hecabolus* (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae), with the description of a new species from Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 80:419-429.

CAPITULO II. COMUNIDADES Y GREMIOS DE PARASITOIDES (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) EN CULTIVO DE MAÍZ Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA CIRCUNDANTE

PARASITOIDS ASSAMBLAGES (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) ON MAIZE AND ADJACENT DRYFOREST

Omar Orozco-Peón, Alejandra González-Moreno*, Esaú Ruíz-Sánchez, José María Tun-Suárez

Tecnológico Nacional de México/ I.T. Conkal. Av. Tecnológico S/N. CP 97345. Conkal, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx

2.1 Resumen

En áreas tropicales se conoce poco sobre la diversidad de parasitoides, especialmente en cultivos; donde se ha demostrado que estos insectos son particularmente sensibles al aumento de la superficie agrícola. El objetivo fue evaluar la diversidad y composición de especies de parasitoides en cultivos de maíz de diferente superficie y la selva baja caducifolia circundante. Se colocaron seis trampas Malaise: dos en un cultivo de maíz de 10 ha, dos en maíz de 50 ha y dos en selva, que funcionaron durante el ciclo fenológico del maíz (Abril-Noviembre de 2016) con colectas semanales. Se recolectó un total de 1 149 individuos representados en 43 géneros con 20 géneros como nuevos registros para el estado de Campeche, México. No se encontraron diferencias en el número de géneros presentes en los sitios y la composición de comunidades fue muy similares entre sí, lo que refleja la migración de géneros entre la selva y los agroecosistemas; aunque si presentaron diferencias en los géneros dominantes, lo que sugiere que los parasitoides responden al hábitat. Se encontraron siete gremios de parasitoides, dominando los parasitoides que atacan fitófagos ocultos. La diversidad de géneros fue similar entre la selva y el maíz de 50 ha, y la diversidad de gremios estuvo relacionada con el tamaño del hábitat, porque en áreas de mayor tamaño, habrá una mayor biodiversidad. Los géneros que dominaron las comunidades fueron *Eiphosoma, Pristomerus, Microcharops* y *Casinaria*, los cuales, con excepción del último, han sido registrados como controladores biológicos de *Spodoptera frugiperda* en maíz.

Palabras clave: Campeche, diversidad, enemigos naturales, nuevos registros, *Zea mays*

Abstract

In tropical areas little is known about the diversity of parasitoids, especially in cropped areas; which have shown that these insects are particularly sensitive to the increase in agricultural activities. In this work, the diversity and composition of parasitoid species were evaluated in maize fields with different area in a matrix of low deciduous forest. Six Malaise traps were placed in three sites: two in a maize field of 10 ha, two in maize field of 50 ha and two into dryforest. Sampling were carried out during the maize phaenological cycle (April-November 2016) with weekly collections. A total of 1,149 individuals represented in 43 genera, with 20 genera as new records for the Campeche State, Mexico. No differences were found in the number of genera present among sites, and the composition of the communities were very similar to each other, which reflects the migration of genera between the forest and maize fields. Although with differences in the dominant genera, which also reflects that the parasitoids respond to particularities of the habitat. Seven guilds of parasitoids were found, dominating the parasitoids that attack hidden phytophages. The diversity of genera was similar between forest and 50 ha maize field, and diversity of guilds was related proportionally with the size of the habitat, because larger areas will have higher biodiverse. The genera that dominated the communities were *Eiphosoma*, *Pristomerus*, *Microcharops* and *Casinaria*, which, with the exception of the latter, have been registered as biological controllers of *Spodoptera frugiperda* in maize.

Key words: New records; Campeche; natural enemies; *Zea mays*, Diversity.

2.2 Introducción

Los parasitoides son insectos principalmente del orden Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas), que en su etapa larval se desarrollan y alimentan dentro o sobre otros artrópodos, a los cuales, matan al final del proceso (Godfray 1994). Mantienen el balance natural de los ecosistemas al ser reguladores de insectos fitófagos, por lo que son utilizados en el control biológicos de plagas, lo que les confiere un valor económico. En términos de biodiversidad son uno de los grupos más relevantes, por su elevado número de especies, por lo que son idóneos como modelos en este tipo de estudio (Delfín y Burgos 2000).

El maíz es un cultivo de gran importancia económica, social y cultural para México, con una superficie cosechada de 5 millones 927 mil 927.70 (ha) (SIAP, 2016). Al igual que muchos cultivos es atacado por diferentes plagas (Ozores-Hampton *et al*. 2014), de las cuales, una de las más graves es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Nuessly *et al.* 2007). Este fitófago ha sido controlado principalmente mediante insecticidas, pero, debido a la creciente necesidad de una agricultura sostenible, el control biológico mediante el uso de parasitoides, ha adquirido importancia en los programas de manejo de plagas agrícolas (Maciel y Araiza 2015).

Existen numerosos estudios sobre los parasitoides de maíz, que describen la relación hospedero-parasitoide (González-Maldonado *et al*. 2014, Maciel y Araiza 2015, Gutiérrez-Ramírez *et al*. 2015). Pero los estudios a nivel de paisaje que consideran la diversidad general de los parasitoides, son mucho menores (Pak *et al*. 2015, Meagher *et al*. 2016). Particularmente en la región sureste del país, existen algunos trabajos sobre diversidad de parasitoides únicamente para el Estado de Yucatán (Ruíz-Cancino *et al*. 2014, González-Moreno *et al.* 2017) y un trabajo faunístico sobre especies de Ichneumonidae en Escárcega, Campeche (García-Ramírez *et al*. 2016). La mayoría de estos trabajos se han realizado en ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas. Específicamente, sobre parasitoides de maíz en el Estado de Yucatán, se han registrado cuatro especies de parasitoides emergidos de *Spodoptera frugiperda* (Delfin-González *et al*. 2007), sin considerar aspectos de diversidad. Otro estudio fue el de Chay-Hernández *et*

al. (2016) realizados en un cultivo de maíz asociado con otras plantas como frijol, rodeado de vegetación natural, concluyendo la importancia de la vegetación circundante en los cultivos.

Los estudios de diversidad de parasitoides en sistemas manejados han demostrado que estos insectos son particularmente sensibles al aumento de la superficie agrícola, debido a su tamaño reducido, relativamente baja capacidad de dispersión, alta especificidad de hospederos y su dependencia sobre ciertos hábitats que les proporcionen tanto hospederos como recursos florales (Landis *et al*. 2000, Tscharntke *et al*. 2002, Inclán *et al*. 2014). En general, la mayoría de estos estudios concluyen que la diversidad del paisaje favorece la diversidad de parasitoides, especialmente cuando los paisajes están conformados por cultivos rodeados de vegetación natural (Landis *et al*. 2000). Sin embargo, la manera en que este aumento en la superficie de cultivo impacta sobre la composición de especies de parasitoides no está claro (Inclan *et al*. 2014, 2015). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad y composición de comunidades de parasitoides entre cultivos de maíz de diferente tamaño en una matriz de selva baja caducifolia.

2.3 Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la localidad de Becal, Campeche, México, en una región productora de maíz. Se escogieron tres sitios de muestreo, que incluyó dos unidades de producción de maíz (cultivo de maíz en 10 ha y cultivo de maíz en 50 ha) y selva baja caducifolia circundante a dichos cultivos. En cada sitio se colocaron dos trampas Malaise las cuales funcionaron ininterrumpidamente por 7 meses (abril a noviembre de 2016), incluyendo el periodo completo de cultivo de maíz. Las muestras se tomaron semanalmente y fueron procesadas, según las técnicas curatoriales convencionales (Gullan y Cranston 2000) en el laboratorio de plagas agrícolas del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México. La identificación de los ejemplares de Ichneumonidae, a nivel de género, se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas de Gauld (1991, 1997, 2000 y 2002).

El análisis de datos se realizó describiendo las comunidades en términos de riqueza de especies, composición de las comunidades y diversidad. Para determinar si el inventario de los géneros estaba completo se construyeron curvas de acumulación mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell 2016), utilizando el estimador no paramétrico de riqueza, ICE (estimador de cobertura basado en la incidencia), que se basa en los géneros encontradas en menos de 10 muestras, recomendado para este tipo de muestras de artrópodos. Para determinar si existían diferencias en las abundancias de parasitoides entre sitios se realizó un análisis no paramétrico Kruskal-Wallis, con una comparación multiple post-hoc Mann-Whitney con corrección de Bonferroni, para conocer que sitios eran diferentes entre sí. Para analizar la composición de las comunidades de Ichneumonidae se construyeron curvas de rango-abundancia (también conocidas como curvas de Whittaker) para analizar cómo se distribuye la riqueza y la abundancia de cada género dentro de cada sitio de muestreo. También se analizó la diversidad utilizando el índice de dominancia de Simpson con el programa Species Diversity and Richness III (Magurran 2004).

Adicionalmente, se hizo un análisis de gremios tróficos considerando la clasificación de Garbarczyk y Sawoniewicz (1984) modificada por Mazon y Bordera (2014) sobre el grado de especialización y el tipo de hospedero que utilizan los géneros de los parasitoides encontrados. Para lo cual también se describieron los ensambles de gremios mediante curvas de Whitakker, así como el análisis de diversidad y análisis de correspondencia para determinar la relación entre gremios y los sitios estudiados, utilizando el software PAST (Hammer *et al*. 2001).

2.4 Resultados

2.4.1 Riqueza, composición y diversidad de géneros

Se recolectó un total de 1 149 especímenes de la familia Ichneumonidae pertenecientes a 12 subfamilias y 43 géneros, incrementando la fauna conocida para el Estado de Campeche, con 20 nuevos registros de géneros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Abundancia de subfamilias y géneros de Ichneumonidae en dos parcelas de maíz (10 y 50 ha) y la selva baja caducifolia circundante. * Nuevos registros para el Estado de Campeche.

Subfamilias y Géneros	Maíz de 10 Ha.	Maíz de 50 Ha.	Selva baja	Total
Anomaloninae				
Anomalon	5	2	1	8
Ophionellus*	7	2	1	10
Podogaster*	1	0	1	2
Banchinae				
Diradops	0	2	1	3
Meniscomorpha	1	1	6	8
Mnioes*	2	0	1	3
Brachycyrtinae				
Brachycyrtus*	0	10	1	11
Campopleginae				
Campoplex*	0	1	3	4
Casinaria	4	1	213	218
Charops*	4	5	2	11
Dusona*	0	7	7	14
Microcharops*	16	117	44	177
Venturia*	0	1	8	9
Cremastinae				
Eiphosoma	57	112	152	321
Pristomerus	92	60	3	155
Temelucha	2	1	0	3
Trathala*	0	1	0	1

Xiphosomella*	2	0	9	11
Cryptinae				
Acerastes	1	1	7	9
Agonocryptus*	1	0	40	41
Baltazaria	1	0	0	1
Baryceros	0	0	5	5
Camera*	0	0	7	7
Cryptanura	0	0	3	3
Diapetimorpha	1	0	1	2
Endasys*	0	0	63	63
Lamprocryptus*	0	0	2	2
Lymeon	0	0	1	1
Mallochia*	4	0	1	5
Messatoporus*	2	3	0	5
Polycyrtus*	0	1	0	1
Xenarthron*	0	0	1	1
Xylophrurus*	0	0	1	1
Ichneumoninae				
Ichneumoninae sp1	1	2	4	7
Ichneumoninae sp2	0	2	1	3
Ichneumoninae sp3	0	0	1	1
Ichneumoninae sp4	0	0	4	4
Labeninae				
Grotea*	0	2	1	3
Labena	1	4	1	6
Neorhacodinae				

Neorhacodinae sp	0	1	0	1
Ophioninae				
Ophioninae sp	0	2	2	4
Phrudinae				
Phrudinae sp	0	1	0	1
Pimplinae				
Neotheronia	1	0	2	3
TOTAL	206	342	601	1149

Los géneros capturados en los tres sitios representan el 66, 74 y 62% de los estimados según el Índice ICE para el cultivo de maíz de 10 ha, cultivo de maíz de 50 ha, y la selva, respectivamente. Si consideramos los sitios por separado, podemos ver que la tasa de adición de géneros fue similar en los dos sitios con cultivo de maíz, independientemente de la superficie de la plantación. En la selva, la acumulación de especies fue más rápida que en los sitios con cultivo de maíz y es donde hizo falta un mayor esfuerzo de muestreo. En términos de riqueza de Ichneumonidae, no se encontraron diferencias en el número de géneros encontrados entre sitios, según los intervalos del confianza al 95% (Figura 1).

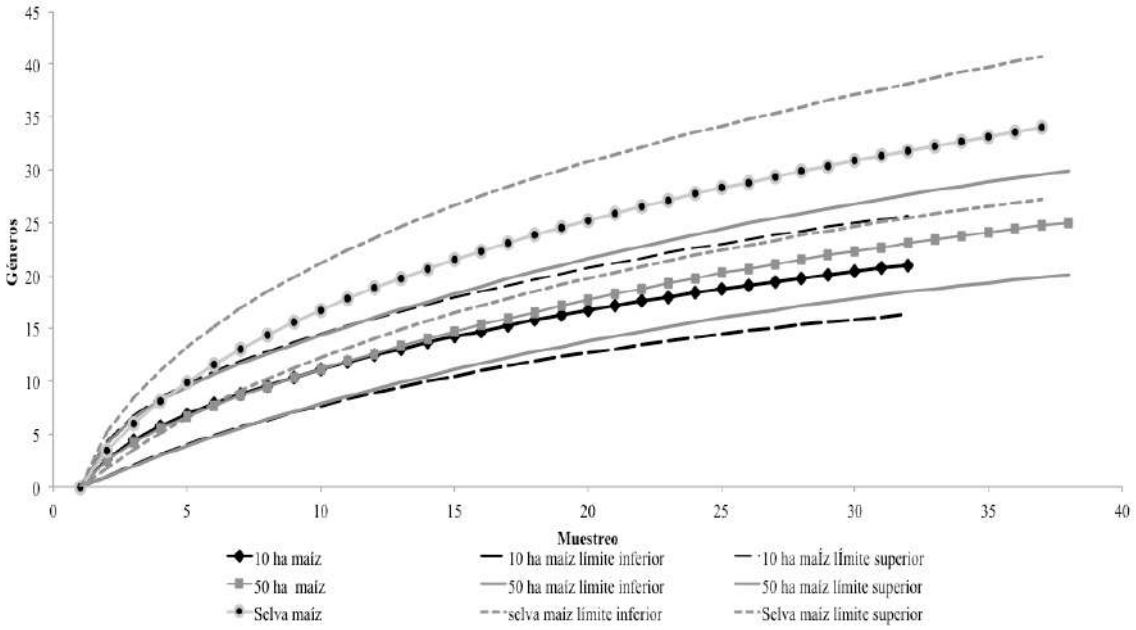


Figura 1. Curvas de acumulación de individuos de Ichneumonidae muestreados en dos cultivos de maíz (10 y 50 ha) y selva baja caducifolia circundante de maíz.

Con relación a la abundancia se recolectó el mayor número de individuos en la selva, seguido del cultivo de maíz de 50 ha y por el de 10 ha (Cuadro 1), con diferencias significativas entre la selva y el cultivo de 10 ha (H = 9.86, p<0.006). Estas diferencias también se encontraron en la composición de las comunidades, ya que ambos sitios con cultivos de maíz se observaron comunidades menos equitativas que en la selva baja caducifolia, según la pendiente de las curvas de Whitakker; igualmente, los géneros que dominan las comunidades entre los sitios fueron diferentes: *Eiphosoma* fue el segundo género más abundante para los tres sitios, pero en la selva el género dominante fue *Casinaria*, en el cultivo de maíz de 50 ha fue Microcharops y en el de 10 ha fue *Pristomerus* (Figura 2). Cabe resaltar que *Casinaria* y *Pristomerus*, no fueron relevantes en ambos sitios con cultivo de maíz y en la selva, respectivamente y que en el caso de *Microcharops* en la selva y en el cultivo de maíz de 10 ha tuvo abundancias intermedias. En términos de diversidad, la selva caducifolia circundante y el cultivo de maíz de 50 ha tuvieron la misma diversidad de parasitoides, y el sitio menos diverso fue el cultivo de maíz de 10 ha (Cuadro 2).

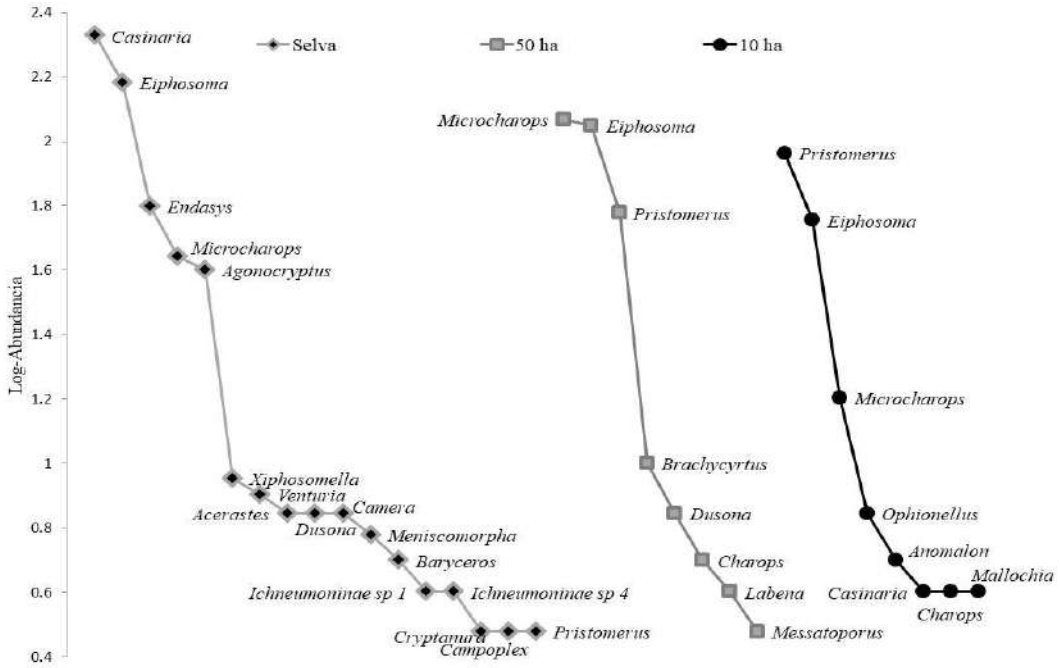


Figura 2. Curvas de Whitakker de géneros de Ichneumonidae en dos parcelas de maíz (10 y 50 ha) y una selva baja caducifolia circundante de maíz.

Cuadro 2. Diversidad alfa de Simpson de géneros y gremios de Ichneumonidae en dos parcelas de maíz (10 y 50 ha) y la selva baja caducifolia circundante con 95% de confiabilidad según los intervalos de confianza de la prueba de Bootstrap.

Sitios	Índice Géneros	Límite inferior	Límite superior	Índice de Gremios	Límite inferior	Límite superior
Selva	4.76	4.26	5.25	2.94	2.77	3.09
Maíz 50 ha	3.92	3.54	4.33	2.34	2.17	2.51
Maíz 10 ha	3.55	2.98	4.11	1.60	1.42	1.83

2.4.2 Gremios tróficos

Considerando la manera en que los géneros encontrados utilizan el recurso de su hospedero, se pueden agrupar en siete gremios: CPH, parasitoides de larvas fitófagas ocultas (512 individuos, 8 géneros); GPH, parasitoides de larvas fitófagas expuestas (438 individuos, 8 géneros); COC, parasitoides de pupas (143 individuos, 12 géneros); UNK, parasitoides con biología desconocida (35 individuos, 11 géneros); XYL, parasitoides de larvas xilófagas (9 individuos, 2 géneros); SAP, parasitoides de larvas saprófagas (8 individuos, 1 género); MEL parasitoides de larvas que se alimentan de polen y néctar (5 individuos, 1 género).

Las diferencias encontradas en las comunidades de los tres sitios se refuerzan al analizarlas por gremios, las comunidades en el cultivo de maíz de 10 ha están dominadas por géneros que parasitan larvas de hospederos ocultos; las del cultivo de maíz 50 ha están dominadas por los gremios de larvas ocultas y expuestas, mientras que en la selva, además de éstas dos últimas, también dominan los parasitoides de pupas, desapareciendo los parasitoides de larvas saprófagas y melíferas (Figura 3). Con relación a la diversidad, los tres sitios presentan diferencias, siendo la selva el sitio más diverso, seguido del cultivo de maíz de 50 ha y por último el cultivo de maíz de 10 ha (Tabla 2), mostrando una relación entre gremios y hábitats, en la selva se encontró una asociación más cercana entre GPH y COC y en el maíz los parasitoides CPH y MEL (Figura 4).

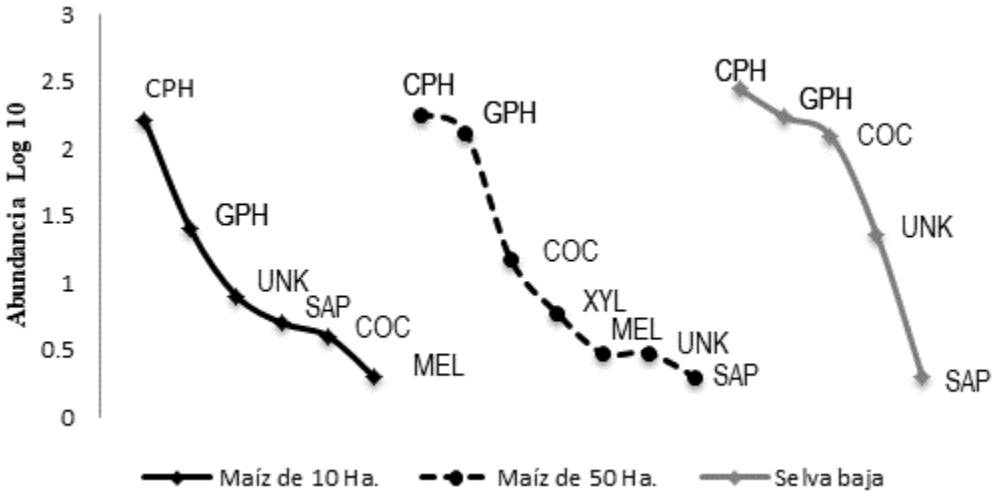


Figura 3. Curvas de Whitakker de gremios de Ichneumonidae en dos cultivos de maíz 10 y 50 ha) y una selva baja caducifolia circundante de maíz. Los gremios son CPH, parasitoides de larvas fitófagas ocultas; GPH, parasitoides de larvas fitófagas expuestas; COC, parasitoides de pupas; UNK, parasitoides con biología desconocida; XYL, parasitoides de larvas xilófagas; SAP, parasitoides de larvas saprófagas; MEL parasitoides de larvas que se alimentan de polen y néctar.

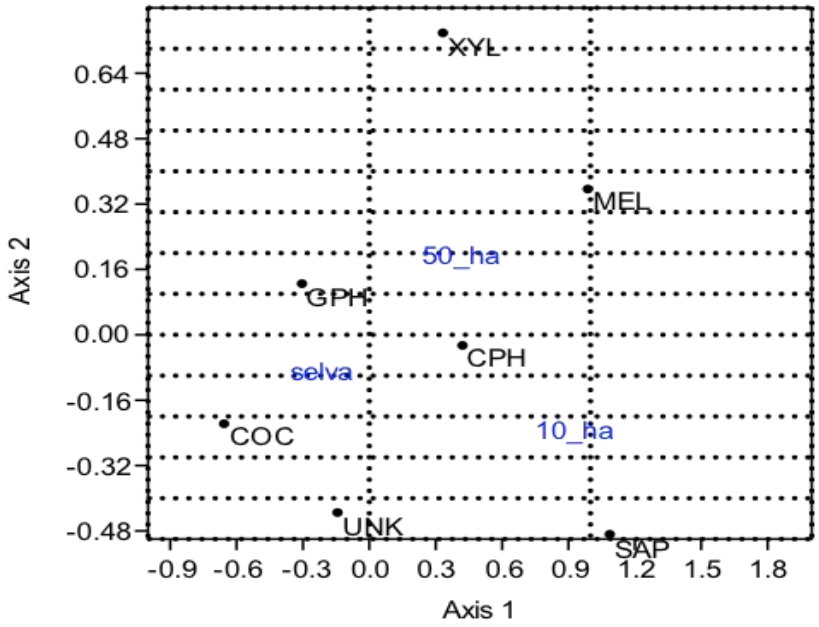


Figura 4. Análisis de correspondencia para gremios tróficos de Ichneumonidae para tres sitios, una plantación de maíz de 10 y 50 ha y la selva baja caducifolia circundante. Axis 1, Eigenvalue: 0.181939 (88.23% del total); Axis 2, Eigenvalue: 0.0242639

(11.77% del total). Los gremios son CPH, parasitoides de larvas fitófagas ocultas; GPH, parasitoides de larvas fitófagas expuestas; COC, parasitoides de pupas; UNK, parasitoides con biología desconocida; XYL, parasitoides de larvas xilófagas; SAP, parasitoides de larvas saprófagas; MEL parasitoides de larvas que se alimentan de polen y néctar.

2.4.1 Discusión

Los resultados obtenidos aumentan el conocimiento de Ichneumonidae a un total de 17 subfamilias y 48 géneros para el estado de Campeche, lo que representa el 13% de los géneros registrados para todo el país con 373 géneros (Ruiz-Cancino et al. 2014). Esto refleja que la biodiversidad de parasitoides del Estado es casi desconocida, ya que previo a éste trabajo únicamente se conocía el estudio de García-Ramírez *et al*. (2016), en el cual se reportan 14 subfamilias, 28 géneros y 11 especies. El haber aumentado el conocimiento de la riqueza genérica del Estado de Campeche, refleja la necesidad de realizar colectas en diferentes tipos de sistemas, tanto naturales como manejados, ya que muestreando un solo cultivo en un corto periodo de tiempo se elevó el conocimiento de la biodiversidad del Estado en un 71%.

La pendiente de las curvas de acumulación sugiere un buen esfuerzo de muestreo con dos trampas Malaise abarcando todo el período fenológico del maíz. Los resultados sobre la riqueza de géneros encontrada en el presente trabajo son similares a los encontrados en otro agroecosistema de maíz del sureste del país, donde también se registraron alrededor de 40 géneros (Chay-Hernández *et al*. 2006). El no haber encontrado diferencias en la riqueza genérica del grupo sugiere que tanto el agroecosistema de maíz, independientemente de su tamaño, así como la selva, están albergando el mismo número de géneros de parasitoides de la familia Ichneumonidae. Esto podría deberse a que áreas agrícolas rodeadas de sistemas naturales favorecen la migración de especies entre ambos sistemas, debido a la proximidad de los sitios, obteniendo recursos alternativos, como refugios, hospederos y comida (Landis *et al*. 2000, Hochberg e Ives 2000), reforzando la importancia de mantener remanentes de vegetación dentro de paisajes agrícolas.

Las diferencias encontradas en la abundancia de parasitoides de la selva y el cultivo de maíz de 10 ha puede explicarse mediante la biogeografía de islas, ya que áreas grandes

tienen mayor probabilidad de alojar una mayor biodiversidad (MacArthur y Wilson 1967). Era de esperare que la composición de las comunidades dentro de ambos sitios con cultivo de maíz fueran más similares entre sí que las encontradas en la selva, ya que volátiles inducidos por herbívoros de diferentes especies de plantas pueden atraer determinadas especies de parasitoides (Godfray 1994). En este caso, en los agroecosistemas únicamente se encontraba una especie vegetal, *Zea mays*, por lo que los volátiles emitidos por esta planta estarían atrayendo las mismas especies de parasitoides, a diferencia de los múltiples volátiles que se pueden emitir por las diferentes especies vegetales de una selva (Godfray 1994), que atraerían una mayor riqueza de parasitoides.

Pese a las similitudes encontradas en los géneros que conformaron las comunidades, los géneros dominantes fueron diferentes, incluso en ambos sitios de cultivo de maíz. Se ha registrado que un mismo parasitoide puede tener diferente comportamiento, incluso en la misma planta hospedera, si cambia alguna característica del hábitat (Feng *et al*. 2017). En este caso, dos géneros diferentes dominaron los agroecosistemas, con la misma planta hospedera, *Zea mays*, pero el tamaño del cultivo puede estar favoreciendo otra especie de parasitoide.

Considerando los géneros dominantes, *Eiphosoma*, particulamente *Eiphosoma viticolle*; *Microcharops*, particularmente *Microcharops anticarsiae*; *Pristomerus*, particularmente *Pristomerus spinator*, han sido registrados como parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en maíz en diferentes partes del mundo (Yu *et al*. 2016). El otro género dominante en la selva fue *Casinaria*, de la subfamilia Campopleginae, este parasitoide tiene rangos estrechos de hospederos y ataca hospederos expuestos (Townes 1969), lo que sugiere que en la selva puede estar presente en mayor abundancia los hospederos de este género. En México, *Pristomerus* es uno de los géneros considerados de mayor importancia en cuanto a distribución y porcentaje de parasitismo de *S. frugiperda* (Molina-Ochoa *et al*. 2001, 2003, 2004), se ha registrado en los estados de Michoacán (Bahena *et al*. 2002, 2010), Durango (García-Gutierrez *et al*. 2013), Colima, Jalisco (Molina-Ochoa *et al*. 2004, Estrada *et al*. 2013), Nayarit (Molina-Ochoa *et al*. 2004) (Coronado-Blanco *et al*. 2017), Sinaloa, Veracruz (Molina-Ochoa *et al*. 2001, 2004), Quintana Roo (Carrillo 1980; Bahena-Juárez, 2008) y Yucatán (Bahena-Juárez

2008). También se ha registrado a *Eiphosoma viticolle* en Nayarit (Molina-Ochoa *et al*. 2004, Estrada *et al*. 2013) como parasitoide de *S. frugiperda*.

El tamaño del cultivo tiene un papel importante en el mantenimiento de la diversidad de los parasitoides, ya que pese a ser un monocultivo de maíz, el cultivo de maíz de 50 ha están albergando la misma diversidad que la selva circundante. Esto puede deberse a que las selvas tienen estructuras complejas de vegetación (Noyes 1989), un mayor número de especies de árboles y herbáceas, así como también mayor número de especies de hoja ancha (Jervis *et al*. 1993 citado en Idris y Hainidah 2003, Fraser *et al*. 2007), permitiendo alojar mayor diversidad de insectos herbívoros y por consiguiente de parasitoides (Hawkins y Lawton 1987, Hawkins 1994). Por otro lado, existe evidencia que los volátiles inducidos por herbívoros de diferentes especies de plantas pueden atraer diferentes especies de parasitoides (Godfray 1994). Probablemente la razón de encontrar una diversidad similar en la selva y el cultivo de maíz de 50 ha sea debido a razones diferentes, es probable que en la selva esté relacionada con la diversidad vegetal, y en el cultivo de maíz se deba a los volátiles inducidos por diferentes herbívoros que atacan el maíz o que al ser un área de mayor tamaño, también este ofreciendo mayor número de refugios disponibles en comparación con el cultivo de maíz de 10 ha, lo que se refleja en una mayor diversidad.

Los gremios encontrados como los más abundantes, son los que se esperaban encontrar dada su biología, ya que en ambos sitios con cultivo de maíz se encontraron larvas de su principal fitófago, el gusano cogollero, *Spodptera frugiperda*, el cual que ataca las partes tiernas del maíz o cogollo, en la cual permanecen escondidas. Es relevante que con relación a los gremios, si se encontraron diferencias en la diversidad presente en los sitios, relacionadas proporcionalmente con el tamaño del parche, por lo que se refuerza la teoría del tamaño del área propuesta por la biogeografía de islas (MacArthur y Wilson 1967), explicada anteriormente y que en la selva se puedan ver favorecidos parasitoides con hábitos más generalistas, como los que atacan pupas, al tener ambientes con mayores recursos vegetativos, florales y una mayor disponibilidad de hospederos (Kasparyan y Ruíz 2005), lo que se pudo ver reflejado en una mayor diversidad en la selva circundante a los cultivos. Así mismo debemos considerar que la diversidad de parasitoides no es una

relación lineal con sus hospederos o la vegetación, sino que depende de diferentes factores abióticos como temperatura y humedad, densidad de hospederos, preferencias de hábitats, capacidad de forrajeo, e incluso la interacción con otras especies pueden afectar el comportamiento de parasitoides.

La relación encontrada entre los gremios y el sitio, sugiere la importancia de conocer la biología de las especies, ya que los gremios encontrados en el maíz, son los que corresponderían a *Spodoptera frugiperda*, al ser un fitófago que se oculta en el cogollo del maíz y los gremios encontrados en la selva, sugiere la presencia de una diversidad de parasitoides que utilizan de forma diferente a sus hospederos, por lo que se encontraron asociados a esa vegetación tres gremios. Cabe resaltar que en la selva no hay parasitoides de larvas saprófagas y melíferas, lo que sugiere que el agroecosistema maíz, pese a ser un sistema simplificado en comparación de la selva, tiene nichos que alberga diferentes gremios de parasitoides, sugiriendo que los agroecosistemas también pueden tener su propia diversidad.

2.5 Conclusiones

La diversidad de parasitoides fue mayor en el cultivo de maíz de mayor superficie, albergando comunidades de parasitoides tan diversas y similares como las que se encuentran en sistemas naturales, lo que refleja la importancia de mantener vegetación dentro de paisaje agrícolas, para minimizar el efecto negativo en la diversidad que pueda tener la intensificación agrícola. La composición de las comunidades en ambos sitios con cultivo de maíz y la selva fueron similares por el continuo movimiento de los parasitoides entre ambos sistemas, aunque a la vez cada comunidad estuvo dominada por géneros diferentes, lo que refleja la especificidad de los parasitoides a las particularidades que podría presentar cada hábitat, pese a la cercanía de los mismos. Lo anterior refleja la importancia de tener alrededor de los cultivos remanentes de vegetación natural, que permita mantener altos valores de diversidad de parasitoides. Así mismo se sugiere realizar estudios de diversidad de parasitoides en otros sistemas manejados y naturales para seguir aumentando el conocimiento de la fauna del país. En este estudio se reportan 20 nuevos registros para el Estado de Campeche.

2.6 Agradecimientos

Al Ingeniero Roberto Novelo por facilitar las parcelas para el establecimiento de los sitios de muestreo y al M. en C. Walther Torres Cab por colaborar en los trabajos de campo. Este trabajo estuvo financiado por el proyecto del Tecnológico Nacional de México (Referencia: 6255.17-P), titulado "Efecto de la superficie del cultivo de maíz sobre la diversidad y emergencia de parasitoides".

2.7 Literatura Citada

Bahena JF, Arredondo BHC, Vázquez GM, González AH, Miranda SMA (2002) Parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el occidente de México. Entomología Mexicana 1: 260 – 265.

Bahena-Juárez F (2008) Enemigos naturales de las plagas agrícolas: del maíz y otros cultivos. INIFAP, Libro técnico No. 5. Uruapan, Michoacán, México. 180p.

Carrillo H (1980) Determinación del parasitismo natural de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en Quintana Roo. Folia Entomologica Mexicana 45: 111-112.

Chay-Hernández DA, Delfín-González H, Parra-Tabla V (2006) Ichneumonoidea (Hymenoptera) community diversity in an agricultural deciduas del Trópico: Una discusión acerca de su posible uso. Acta Zoológica Mexicana *79*: 43–56.

Colwell (2016) EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 9.10.

Coronado-Blanco J, Ruíz-Cancino E, Reséndiz-Ramírez Z, Estrada-Virgen O, Cambero-Campos O (2017) Ichneumonoidea (Hymenoptera) colectados en maíz en Localidades de Jalisco, Nayarit y Tamaulipas, México. Entomología Mexicana 4: 759-764

Delfín-González H, Burgos 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.

Delfín-González H, Bojórquez-Acevedo M, Manrique-Saide P (2007) Parasitoids of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from a traditional maize crop in the Mexican State of Yucatan. Florida Entomologist 90: 759-761.

Estrada V, Cambero C, Robles B, Ríos V, Carvajal C, Isordia A, Ruíz C (2013) Parasitoides y entomopatógenos nativos asociados al gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México. Southwestern Entomologist 38: 339−344.

Feng Y, Kravchuk O, Sandhu H, Wratten S, Keller M (2017) The activities of generalist parasitoids can be segregated between crop and adjacent non-crop habitats. Journal of Pest Science 90: 275-286

Fraser SEM, Dytham C, Mayhew PJ (2007) Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. Journal of Applied Ecology 44: 352–361.

Gauld ID (1991) The Ichneumonidae of Costa Rica, 1. Memoirs of the American Entomological Institute 47: 1-589.

Gauld ID (1997) The Ichneumonidae of Costa Rica, 2. Memoirs of the American Entomological Institute 57:1- 485.

Gauld ID (2000) The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Memoirs of the American Entomological Institute 63:1- 453.

Gauld ID (2002) The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. Memoirs of the American Entomological Institute 66: 1-768.

García-Gutiérrez C, González-Maldonado MB, González-Hernández A (2013) Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología 39: 211-215.

García-Ramírez M, Ruíz-Cancino E, Coronado-Blanco JM, Khalaim AI (2016)

Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) de Escárcega, Campeche, México: nuevos registros de especies. Ciencia Universidad Autónoma de Tamaulipas 10: 06-12.

Godfray HCJ (1994) Parasitoids. Behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 473p.

González-Maldonado MB, García-Gutiérrez C, González-Hernández A (2014) Parasitismo y distribución de *Campoletis sonorensis* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parasitoides del gusano cogollero en maíz en Durango, México. Vedalia 15: 47-53.

González-Moreno A, Bordera S, Leirana-Alcocer J, Delfín-González H, Ballina-Gómez HS (2017) Explaining variations in the diversity of parasitoid assemblages in a biosphere reserve of Mexico: evidence from vegetation, land management and seasonality. Bulletin of Entomological Research Doi:10.1017/S0007485317001134

Gullan PJ, Cranston PS (2000) The Insects. *Blackwell, Oxford.* 470p

Gutiérrez-Ramírez A, Robles-Bermúdez A, Cambero-Campos J, Santillán-Ortega C, Ortíz-Catón M, Coronado-Blanco JM, Campos-Figueroa M (2015) Parasitoides de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México. Southwestern Entomologist 40: 555-564.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST. Paleontological Statistics Sowftware Package for Education and Data Analysis. Paleontologia electronica 4: 1-9.

Hawkins BA (1994) Pattern and process in host-parasitoid interactions. Cambridge University Press. 190p.

Hawkins BA, Lawton JH (1987) Species richness for parasitoids of British phytophagous insects. Nature 326: 788-790.

Hochberg ME, Ives AR (2000) Parasitoid population biology. Princeton University Press. 366p.

Idris AB, Hainidah J (2003) Diversity of Ichneumonid Wasps in the Logged over Forests of Langat Basin in Selangor, Malaysia. Online Journal of Biological Sciences 3: 259-270.

Inclán DJ, Cerretti P, Marini L (2014) Interactive effects of area and connectivity on the diversity of tachinid parasitoids in highly fragmented landscapes. Landscape Ecology 29: 879–889.

Inclán DJ, Cerretti P, Marini L (2015) Landscape composition affects parasitoid spillover. Agriculture, Ecosystems and Environment 205: 9–14.

Kasparyan DR, Ruíz-Cancino E (2005) Criptini de México (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae) Parte I. Avispas parasíticas de plagas y otros insectos. Cd. Victoria, Tam., México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 287p

Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology 45: 175–201.

MacArthur RH, Wilson EO (1967) The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. Princeton, USA. 216p.

Maciel GAA, Araiza MDS (2015) Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* como una alternativa al uso de insecticidas. Jóvenes en la Ciencia 1: 48-53.

Magurran AE (2004) Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. 255p.

Meagher RL, Nuessly GS, Nagoshi RN, Hay-Roe MM (2016) Parasitoids attacking fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn habitats. Biological Control 95: 66-72.

Molina-Ochoa J, Hamm JJ, Lezama-Gutiérrez R, López-Edwards M, González-Ramírez M, Pescador-Rubio A (2001) A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican states of Michoacan, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. Florida Entomologist 84:31-36.

Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Heinrichs EA, Foster JE (2003) Parasitoids and parasites of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean basin: an inventory. Florida Entomologist 86: 254-289.

Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Lezama-Gutiérrez R, Foster JE, González-Ramírez M, Ángel-Sahagún CA, Farías-Larios J (2004) Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 87: 461-472.

Noyes JS (1989) The diversity of Hymenoptera in the tropics with special reference to Parasitica in Sulawesi. Ecological Entomology 14: 197-207.

Nuessly GS, Scully BT, Hentz MG, Beiriger R, Snook ME, Widstrom NW (2007) Resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and Euxesta stigmatias (Diptera: Ulidiidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetic systems. Journal of Economic Entomology 100: 1887–1895.

Ozores-Hampton M, Dittmar PJ, McAvoy EJ, Raid RN, Webb SE (2014) Chapter 11. Sweet corn production. Vegetable Production Handbook for Florida, 2014–2015. UF/IFAS Extension Horticultural Sciences Department. HS737.

Pak D, Iverson AL, Ennis KK, Gonthier DJ & Vandermeer JH (2015) Parasitoid wasps benefit from shade tree size and landscape complexity in Mexican coffee agroecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment 206: 21-32.

Ruíz-Cancino E, Rafaelevich-Kasparyan D, González-Moreno A, Ivanovich Khalaim A, Coronado-Blanco JM (2014) Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.85: S385-S391.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/.

Townes H (1969) The genera of Ichneumonidae, Part 1. Memoirs of the American entomological Institute 11: 1-300.

Tscharntke T, Tylianakis JM, Rand TA, Didham RK, Fahrig L, Batáry P, *et al*. (2002) Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. Ecology Letters 5: 353–360.

Vírgen OE, Campos JC, Bermudez AR, Velasco CR, Cazola CC, Aquino NI, Cancino ER (2013) Parasitoids and entomopathogens of the fall armyworm Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) in Nayarit, Mexico. Southwestern Entomologist 38: 339-344.

Yu DS, van Achterberg K, Horstmann K (2016) World Ichneumonoidea 2015. Taxonomy, biology, morphology and distribution. Taxapad. Vancouver, Canada. Flash drive.

CAPUTULO III. PARASITOIDES DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EN EL SURESTE DE MÉXICO.

3.1 Resumen

El cultivo de maíz es infestado por varias plagas directas de insectos, de las cuales, una de las más graves es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. El control biológico, utilizando parasitoides, ha adquirido importancia en los programas de manejo de plagas agrícolas, debido a la creciente necesidad de una agricultura sostenible y es una alternativa para controlar las infestaciones de *S. frugiperda*. Este tipo de control puede realizarse, mediante la conservación de enemigos naturales que habitan en los ecosistemas circundantes. Por lo que el objetivo de éste estudio fue determinar las especies de parasitoides y el porcentaje de parasitismo que afectan el desarrollo de *S. frugiperda* en plantaciones de maíz en el sureste del país. El área de estudio fue en la localidad de Becal, Campeche, se llevaron a cabo colectas en cultivos de maíz de Agosto a Septiembre de 2017, donde se realizó la colecta de *S. frugiperda* de manera manual. Se colectaron un total de 414 larvas de cogollero en las primeras etapas fenológicas del maíz, de las cuales 27 concluyeron su ciclo biológico, 294 larvas murieron por causas naturales y 94 larvas murieron por parasitoides; para las variables de la planta, a región de pose de las larvas de *S. frugiperda* parasitadas en la planta se encontró principalmente en la parte media y superior de la planta de maíz, con respecto al número de hojas, se encontró un mayor número de las larvas de cogollero parasitadas en plantas de 8 a 10 y para la altura de la planta se encontró un mayor número de larvas parasitadas en plantas de 10-20cm y 50-60 cm de altura, donde no hubieron diferencias significativas; en el ciclo de vida del cogollero se obtuvo como resultado que las larvas de *S. frugiperda* concluyeron su ciclo biológico a los 20 días, a diferencia de las larvas de *S. frugiperda* que fueron parasitadas, presentaron un ciclo de vida modificado desde los primeros estadios por los parasitoides; para la emergencia de parasitoides y porcentaje de estos, se registró un porcentaje de parasitismo del 22.70% con la emergencia de 51 parasitoides adultos del orden Hymenoptera de las familias: Aphelinidae: *Aphelinidae sp.;* Ichneumonidae: *Eiphosoma sp*. con un individuo, *Pristomerus spinator*; Braconidae: *Chelonus insularis;* Las larvas que no concluyeron su ciclo biológico, además de morir por causas naturales también pudo deberse a causa de aplicaciones de insecticidas, ya que se llevó a cabo la aplicación de diferentes insecticidas: Novaluron (100 ml/ha) y Látigo (100-150 ml/ha); motivo por el cual se llevaron a cabo pruebas de componentes inorgánicos a las pupas y se encontraron ocho elementos inorgánicos en el cuerpo de las pupas con y sin aplicación: P, S, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Zn, que se encuentran involucrados en la metamorfosis de la larva (Pinheiro *et al.*, 2010) los macroelementos se presentaron en mayor cantidad en las pupas sin aplicación, a diferencia de las pupas que fueron expuestas a las aplicaciones de insecticidas que tuvieron una deficiencia en los componentes antes mencionados, Vinson *et al*. (2001) también demuestran que la disponibilidad de elementos se relaciona con la regulación del proceso de melanización y síntesis de la nueva cutícula, el papel de estos elementos inorgánicos en las pupas de los parasitoides es fundamental al entrar al último estadio y si las aplicaciones detienen este desarrollo es de esperar que la presencia de los macroelementos mencionados disminuya.

3.2 Introducción

El maíz es uno de los cultivos de gran importancia económica, social y cultural para México ya que representa una fuente de alimento muy importante tanto en áreas rurales como urbanas, con el 51.6% de la superficie nacional cultivada. Campeche tiene una superficie sembrada de 10,245 ha con una cosecha de 10,229 ha (SIAP, 2014). En este cultivo se manifiestan plagas de importancia económica (Ozores-Hampton *et al.,* 2014), de las cuales, una de las más graves es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Nuessly *et al*., 2007), causando daños desde su etapa inicial de crecimiento (Fernández, 2002) hasta la etapa de espiga (García *et al.,* 2010). El control biológico es una alternativa para controlar las infestaciones de *S. frugiperda* (Luginbill, 1928; Vickery, 1929).

Existen numerosas investigaciones en México que han demostrado la presencia de parasitoides que regulan las poblaciones del gusano cogollero en cultivo del maíz (Bahena *et al.,* 2002 y 2010; Molina *et al.,* 2001 y 2004; García-Gutiérrez *et al.,* 2013; Gutiérrez-Ramírez *et al.,* 2015). Para el gusano cogollero se ha reportado a nivel mundial aproximadamente de 150 a 263 especies de parasitoides por mencionar algunos de gran importancia se encuentran *Eiphosoma viticolle*, *Microcharops anticarsiae* y *Pristomerus spinator*, que han sido registrados como parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en maíz en diferentes partes del mundo (Yu *et al*., 2016) en su mayoría del orden Hymenoptera y Diptera; por otro lado, en México se estiman un poco más de 80 especies de parasitoides (Molina-Ochoa *et al.,* 2003; Bahena *et al.,* 2010) en los que destacan *Chelonus insularis* Cresson (Braconidae) y *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Ichneumonidae).

En el sureste del país se desconoce casi en su totalidad las especies de parasitoides asociados a *S. frugiperda*; para Yucatán se registran como parasitoides emergidos de maíz a *Lespesia archippivora* (Riley), *marmoratus Arquitas* (Townsend), *Winthemia sp* (Diptera: Tachinidae) y *Euplectrus plathypenae* (Howard) (Hymenoptera: Eulophidae) (Delfin-González *et al.,* 2007); para Quintana Roo y Campeche no hay registros formales sobre los parasitoides de esta plaga, sino únicamente estudios aislados sobre la diversidad de algunos grupos de parasitoides como el de García-Ramirez *et al*., 2016 y el de Ibarra *et*

al., 2018. Por lo que el objetivo de éste estudio fue determinar las especies de parasitoides y el porcentaje de parasitismo que afectan el desarrollo de *S. frugiperda* en plantaciones de maíz en el sureste del país, en la localidad de Becal, Campeche, México.

3.3 Materiales Y Métodos

3.3.1 Sitio de estudio

El estudio se realizó en la localidad de Becal, Campeche, México; en una región productora de maíz de Agosto-Septiembre de 2017. Se seleccionaron tres sitios con alrededor de 50,000 plantas, donde, se llevaron a cabo colectas directas semanales de larvas de cogollero (*S. frugiperda*) en sus diferentes instares, durante las primeras etapas fenológicas del maíz hasta la espiga (García *et al*., 2010). En cada sitio se estableció un cuadrante de 60x60m, dejando alrededor de 20m de cada lado para evitar el efecto de borde; dentro del cuadrante se seleccionaron 60 hileras con 380 plantas aproximadamente y en cada hilera se marcaron 10 plantas separadas entre sí cada 38 plantas.

3.3.2 Colecta de estadios inmaduros de *S. frugiperda*

En cada sitio se revisaron semanalmente ocho hileras, colectando cualquier estadio de *S. frugiperda* en el haz, envés y en el cogollo de plantas marcadas previamente. En estas plantas **s**e midieron algunas variables como la región de pose, No. de planta, altura de la planta (cm) y No. de hojas.

Posteriormente, los estadios colectados se colocaron en neveras a baja temperatura (Cave, 1995) para poder ser transportadas al laboratorio de plagas del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México, donde fueron criadas individualmente para prevenir el canibalismo.

La determinación de los diferentes estadios se realizó midiendo las larvas cada cinco días, categorizándolas en cinco clases según el tamaño, de acuerdo a Cameron y Valentine (1985) (Tabla 1). Posteriormente, las larvas se mantuvieron en frascos de plástico herméticos con algodón húmedo y tejido del maíz, evitando las dietas artificiales ya que

pueden causar la muerte de los parasitoides (Guy *et al.*, 1985); se mantuvieron a una temperatura de 25ºC±, con una humedad relativa de 70% aproximadamente y fotoperiodo de 12:12 h.

Cuadro 1. Longitud de la larva en relación con su estadio

Longitud de larva				
<5 mm	5 - 10 mm	11-15 mm	16-20 mm	> 20 mm
1-2	2-3	3-4	4º	4-5

3.3.3 Desarrollo del ciclo de vida y porcentaje de parasitismo

Se llevó a cabo la estimación de desarrollo del ciclo de vida de los parasitoides, con base en las fechas de colectas y la categorización de los diferentes estadios, esto comparándolo con el ciclo del adulto de *S. frugiperda*. Los parasitoides que emergieron de la plaga se conservaron en alcohol al 70%; al igual que los parasitoides que no concluyeron su ciclo como, pupas o algún otro estadio antes de llegar a estado adulto. Los insectos parasitoides emergidos fueron separados a nivel de orden, familia, género y especie con ayuda de claves especializadas (Gauld 1991, 1997, 2000 y 2002).

3.3.4 Componentes Inorgánicos

El manejo agronómico del cultivo incluyó aplicaciones de insecticidas, por lo que de manera adicional se realizó un análisis de componentes inorgánicos presentes en las pupas de los parasitoides. Para lo cual se seleccionaron 30 pupas parasitadas sin emergencia de parasitoides, que hayan sido expuestas a las aplicaciones de insecticidas (Novaluron (100 ml/ha) y Látigo (100-150 ml/ha) y otras 30 pupas parasitadas que no estuvieron expuestas a la aplicación.

Todas las muestras se colocaron en acetatos para la identificación y cuantificación de elementos inorgánicos presentes en las pupas, utilizando un sistema de micro-Energía Dispersivo de Rayos X de Fluorescencia (Micro-XRF) (M4 TORNADO de Bruker), este espectrómetro consiste en un tubo de rayos X con un micro enfoque refrigerado por aire, alimentado por un generador de alto voltaje de baja tensión.

La identificación de los elementos se realizó mediante una comparación de las líneas espectrales y el espectro medido de la tabla periódica, para que finalmente, estos resultados se muestren en un informe de medición en la que se obtuvo la media y la desviación estándar de los espectros.

3.3.5 Análisis de datos

Para estimar el porcentaje el total parasitismo (% P) y de cada una de las especies de parasitoides de *S. frugiperda* se utilizó la fórmula de Van Driesche, 1983; Pair *et al.*, 1986 a, b; y Crisóstomo-Legaspi *et al.*, 2001, con la fórmula:

$$\%P: \frac{\text{No. individuos}}{\text{Total de individuos recolectados}} 100$$

Los datos de los elementos inorgánicos obtenidos con las pupas, se realizó desviación estándar y comparación de medias.

3.4 Resultados Y Discusión

3.4.1 *Spodoptera frugiperda*

Se colectaron un total de 414 larvas de cogollero en las primeras etapas fenológicas del maíz, de las cuales 27 concluyeron su ciclo biológico, 294 larvas murieron por causas naturales y 94 larvas murieron por parasitoides. Las larvas que no concluyeron su ciclo biológico, además de morir por causas naturales también pudo deberse a causa de aplicaciones de insecticidas, ya que en el transcurso de las colectas en los tres sitios de muestreo se llevó a cabo la aplicacion de diferentes insecticidas: Novaluron (100 ml/ha) y

Látigo (100-150 ml/ha); motivo por el cual se llevaron a cabo pruebas de componentes inorgánicos a las pupas de los parasitoides que se explican más adelante.

La región de pose de las larvas de *S. frugiperda* parasitadas en la planta se encontró principalmente en la parte media y superior de la planta de maíz (Fig. 2), para la región de pose se manifestaron diferencias significativas entre la parte media y superior de la planta esta significancia solo se observó en esta variable de la planta. Con respecto al número de hojas, se encontró un mayor número de las larvas de cogollero parasitadas en plantas de 8 a 10 hojas (fig. 3) de la misma manera, no se encontraron diferencias significativas entre el número de hojas de la planta. En el caso de la altura de la planta se encontró un mayor número de larvas parasitadas en plantas de 10-20cm y 50-60 cm de altura (fig. 4), donde no se observó diferencias significativas entre las alturas de las plantas de maíz.

Estos resultados coinciden con lo realizado por Besserra *et al.* (2002), ya que el mayor número de huevos puesto por la polilla de *S. frugiperda* los deposita durante las primeras etapas fenológicas del cultivo (4 a 6 hojas) y meristemos tiernos; sin embargo, cuando la planta tiene de 8 a 24 hojas los adultos ponen los huevecillos en la parte superior y parte media de la planta.

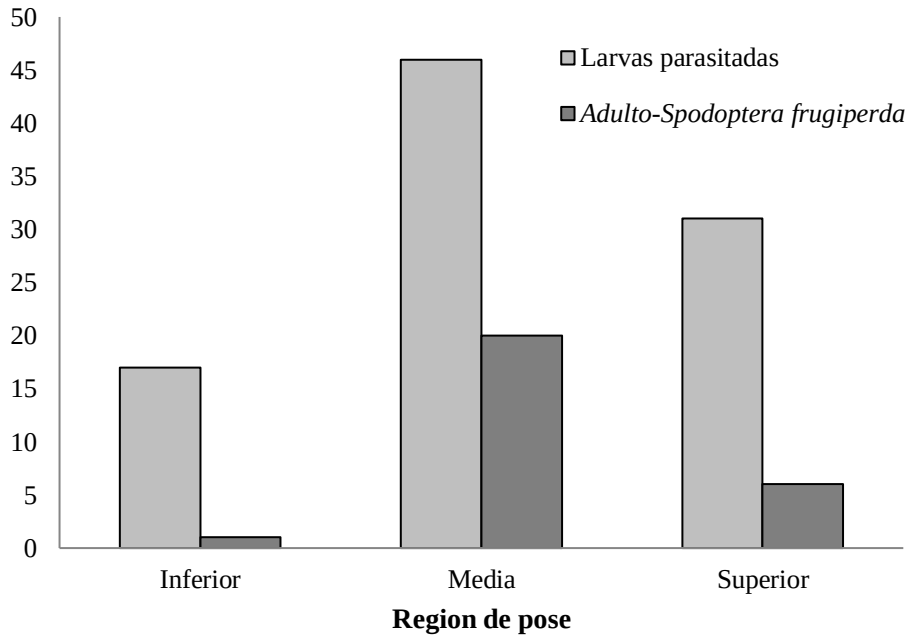


Figura 1. Región de pose de la planta donde se colectaron las larvas de *S. frugiperda* asociadas a cultivo de maíz

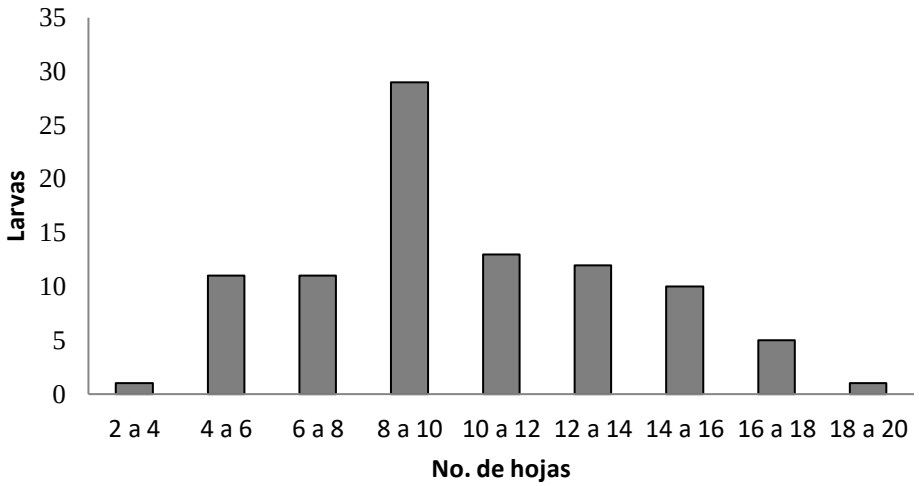


Figura 2.Número de hojas de la planta donde se colectaron las larvas parasitoidizadas asociadas cultivo de maíz

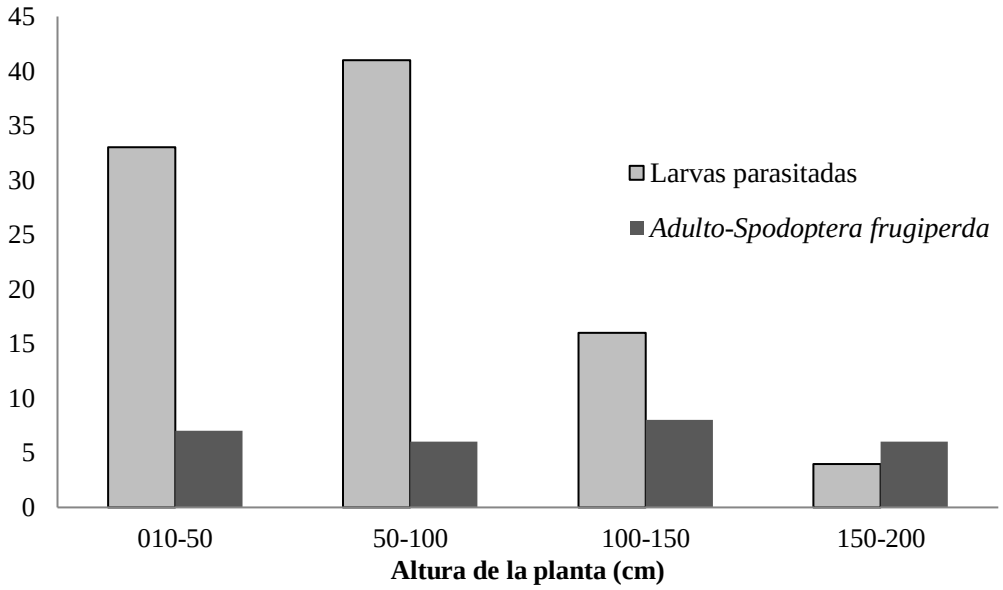


Figura 3. Altura de la planta donde se llevó a cabo las colectas de larvas de S. frugiperda asociadas a cultivos de maíz

3.4.2 Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *S. frugiperda* concluyeron su ciclo biológico a los 20 días, en promedio; esto coincide con la duración del ciclo biológico registrado de *S. furgiperda*, que es de 14 a 21 días según la temperatura (Ramírez *et al*., 1987).

Por el contrario, las larvas de *S. frugiperda* que fueron parasitadas, presentaron un ciclo de vida modificado desde los primeros estadios por los parasitoides, en general, la duración del ciclo biologico de las larvas parasitadas disminuyó a la mitad de tiempo en comparación de las larvas que no fueron parasitadas (Fig. 5). Esto es un claro ejemplo de cómo los parasitoides modifican la fisiología y morfología de su hospedero, el ciclo del gusano cogollero, al ser alterado por parte del parasitoide causando la muerte de las larvas en un menor tiempo, es de suma importancia ya que como mencionan Capinera (1999); García (2008) y Bahena (2010), los últimos estadios larvales del cogollero son de mayor tamaño (entre 3.5-4cm) y pueden ocasionar la perdida de área foliar y retraso en la inflorescencia y en casos muy graves una defoliación completa. Una infestación no controlada puede tener pérdidas que van de 13 a 60%, al mismo tiempo un daño económico muy importante. Pero, las larvas que se colectaron y se encontraban parasitadas les fue imposible llegar el estadio 4 y 5 interrumpiendo su crecimiento normal de la larva de cogollero, lo que disminuye las pérdidas causadas por este insecto.

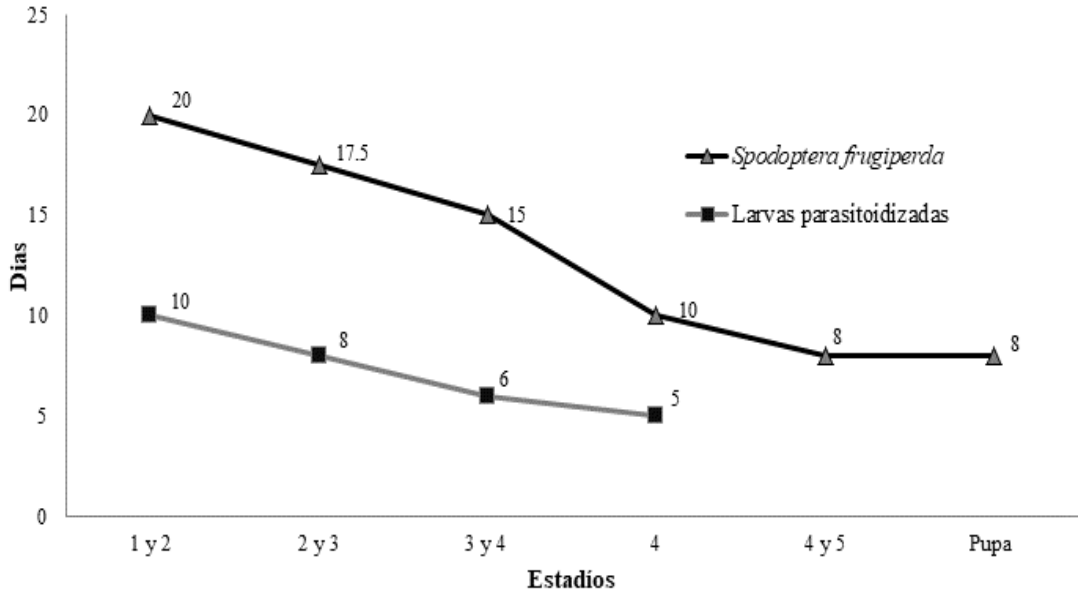


Figura 4. Desarrollo en días del Ciclo biológico de larvas de *Spodoptera frugiperda* con parasitismo y sin parasitismo hasta el estado adulto asociados a cultivo de maíz

3.4.3 Emergencia de parasitoides y porcentaje de parasitismo

Se registró un porcentaje de parasitismo del 22.70% con la emergencia de 51 parasitoides adultos del orden Hymenoptera de las familias: Aphelinidae: *Aphelinidae sp.;* Ichneumonidae: *Eiphosoma sp*. con un individuo, *Pristomerus spinator*; Braconidae: *Chelonus insularis,* siendo estas dos últimas especies las más abundantes con 15 y 21 individuos, respectivamente.

Estos resultados son similares a los registrados en Nayarit con colectas que van de 1300 a 1836 larvas con un porcentaje de parasitismo de 29.7% a 15.4%, respectivamente, (Estrada Virgen *et al.*, 2013, Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2015). De igual manera se reportaron las especies: *Pristomerus spinator*, *Campoletis sp*. e *Hyposoter sp*. (Ichneumonidae) y *Cotesia sp*. y *Chelonus insularis* (Braconidae).

Las especies encontradas en este estudio, *P. spinator y C. insularis*, han sido registradas previamente parasitando larvas de cogollero en cultivos de maíz en los estados de Baja California Norte, Chihuahua, Distrito Federal, Guerrero, Estado de México, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Morelos (Bahena-Juárez,

2008) Colima, Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Veracruz (Molina-Ochoa *et al.*, 2001, 2004), Nayarit (Estrada Virgen *et al.*, 2013; y Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2015), Michoacán (Bahena *et al.*, 2002, 2010; Cortez-Mondaca *et al.*, 2012) y Durango (García-Gutiérrez *et al.*, 2013; González-Maldonado, 2014). En el sureste de México se tienen registros de la especie de *P. spinator* para Quintana Roo (Carrillo, 1980; Bahena-Juárez, 2008) y Yucatán (Bahena-Juárez, 2008), por lo que ambas especies son nuevos registros para el Estado.

Un gran número de parasitoides emergió entre los estadios 2-3 y 3-4, esto es debido a que los parasitoides controlan a su conveniencia su emergencia dependiendo de la biología y de los estadios por los que pasa la especie de parasitoide (fig. 6).

De forma particular, de las especies más abundantes que parasitaron las larvas de cogollero, *Ch. insularis* emergió en un 52% en el estadio 2-3 y en un 47% en el estadio 3-4. Esto coincide con lo descrito por Ashley (1982), Grossniklaus *et al.* (1994), Cave (1995) y Shaw (1998) que las hembras de estos parasitoides parasitan huevos del hospedero, esta estrategia lo hace una especie dominante al ser una de los primeros parasitoides en ocupar su huésped, sin embargo las larvas del *Ch. insularis* se desarrolla en el hospedero saliendo alrededor del cuarto estadio; las larvas de *Ch. insularis* pasan por tres estadios y pupan en el suelo, esta especie se desarrolla como un endoparasitoide solitario y algunas especies de cheloninos inducen una metamorfosis precoz en la larva huésped, a diferencia de las larvas de cogollero no parasitadas que presentan su metamorfosis completa (Martínez-Martínez y Gutiérrez, 1998; Martínez-Martínez, y Barrera, 2008; Bahena, 2008).

La segunda especie en abundancia fue *P. spinator*, un 26% emergió en el estadio 2-3, un 60% emergió en el estadio 3-4 y con 6.5% para los parasitoides que emergieron en los estadio 1-2 y 4; estos resultados se asemejan por lo dicho por Bahena (2008) donde *P. spinator* es un parasitoide solitario y deposita un solo huevo dentro de las larvas de su hospedero del tercer o cuarto estadio. Momento que la larva del parasitoide emerge de ella para formar inmediatamente un capullo blancuzco o pardo dentro del cual pupa.

Otra especie de parasitoide relevante en este trabajo fue *Eiphosoma sp*, que aunque solo se encontró un individuo que emergió en el estadio 3-4, es de suma importancia ya

que posiblemente sea una nueva especie parasitando al gusano cogollero. Algunos autores registran que *Eiphosoma* tiene una tasa de parasitismo baja para Nayarit e indican que es un parasitoide con limitada distribución (Molina *et al.*, 2004; Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2015); entre las causas pudiera deberse a que el género *Eiphosoma sp*. no tienen la capacidad para competir exitosamente con otros parasitoides, ya que las otras especies que atacan al gusano cogollero también atacan los mismos estadios que *Eiphosoma sp.* (Ashley, 1982); sin embargo, en otras partes de México es usual verlo parasitando larvas de *S. frugiperda*, principalmente larvas del segundo al cuarto instar de su hospedero (Bahena, 2008).

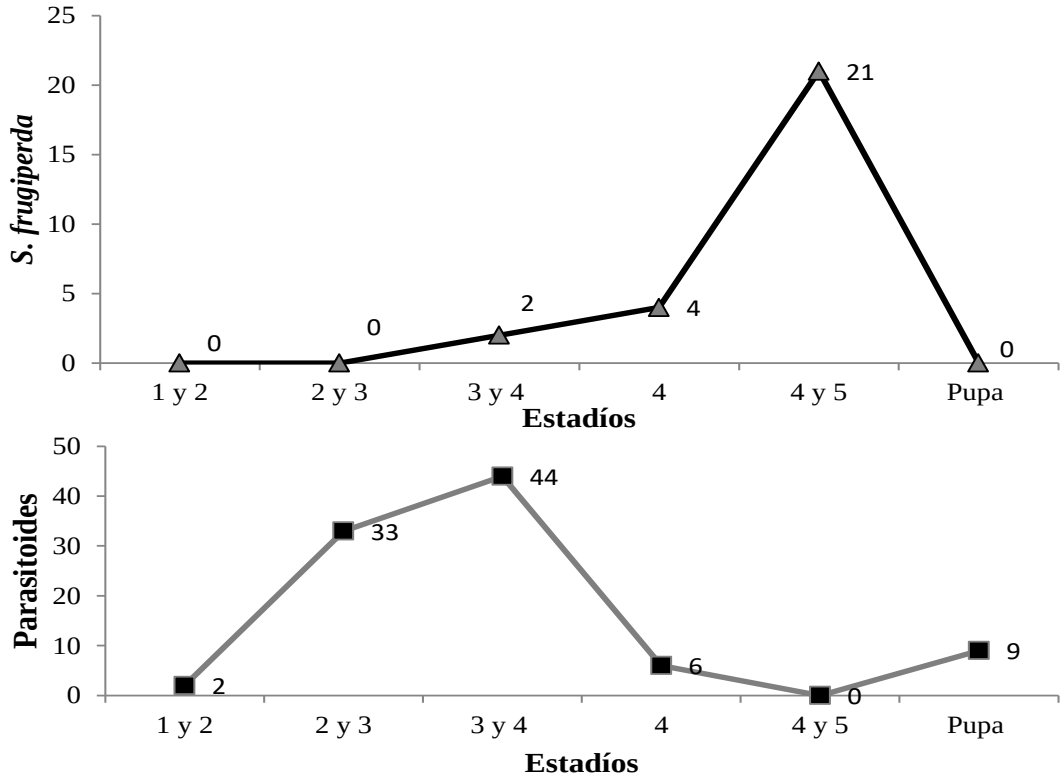


Figura 5. Emergencia de *Spodoptera frugiperda* y parasitoides asociados a cultivos de maíz

3.4.4 Efecto de la aplicación de pesticidas

Se encontraron ocho elementos inorgánicos en el cuerpo de las pupas con y sin aplicación: P, S, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Zn, que se encuentran involucrados en la metamorfosis de la larva (Pinheiro *et al.*, 2010); sin embargo, los macro elementos como Ca, P y K se presentaron en mayor cantidad en las pupas sin aplicación, a diferencia de las pupas que fueron expuestas a las aplicaciones de insecticidas que tuvieron una deficiencia en los componentes antes mencionados (Figura 7). Esto puede deberse a la duración de las etapas del desarrollo del parasitoide, ya que estos elementos están relacionados con la regulación del metabolismo del tejido graso de insectos y pueden estar implicados en el comportamiento del sistema inmunológico de invertebrados (Pinheiro *et al.*, 2010). Pinheiro *et al.* (2010) encontraron en la grasa corporal de larvas parasitadas por *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) que tienen una mayor concentración de elementos inorgánicos, particularmente P, S, K y Ca en larvas parasitadas después del tercer día de parasitismo, pero nueve días después de parasitación estos macroelementos habían disminuido. En este estudio, el tiempo de desarrollo de las pupas con aplicación se redujo a la mitad de las que no tuvieron aplicación, por lo que es probable que al reducir las tasas de desarrollo estos elementos se encuentren en menor medida.

Vinson *et al.* (2001) también demuestran que la disponibilidad de elementos se relaciona con la regulación del proceso de melanización y síntesis de la nueva cutícula; el papel de estos elementos inorgánicos en las pupas de los parasitoides es fundamental al entrar al último estadio y si las aplicaciones detienen este desarrollo es de esperar que la presencia de los macroelementos mencionados disminuya.

Por otro lado, dado que el insecticida Novaluron es un insecticida de benzoilfenil urea que inhibe la formación de quitina y provoca una deposición anormal de la endocutícula y una muda abortiva; a pesar de esto, las fichas técnicas mencionan que el producto puede usarse en el manejo integrado de plagas (MIP) ya que no es tóxico para los insectos benéficos; ahora bien, los resultados de este trabajo nos arrojan algo diferente, ya que sugieren que las pupas de parasitoides que fueron expuestas a las aplicaciones, presentaron menor concentraciones de macroelementos lo que sugiere algún tipo de daño,

lo que podría deberse al modo de acción del insecticida, que es por ingestión, afectando directamente a las larvas y pupas de parasitoides, y que se puede ver reflejado en la inhibición de los macroelementos.

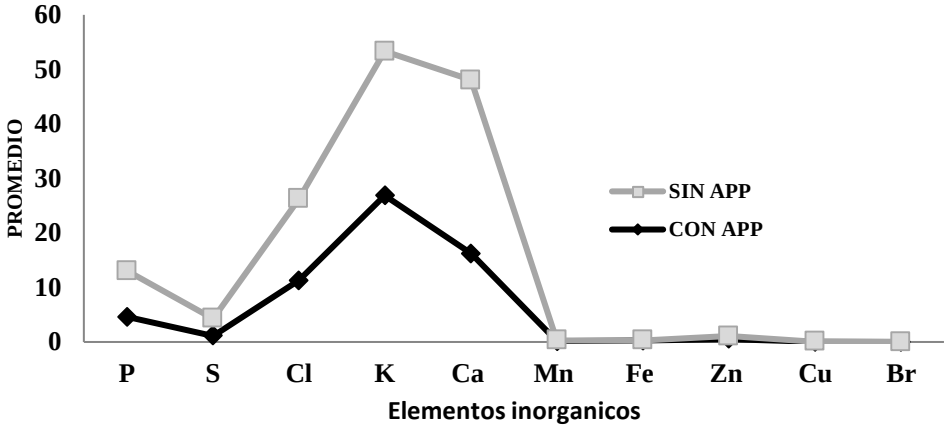


Figura 6. Elementos inorgánicos presentes en pupas de parasitoides con y sin aplicación

Las pupas expuestas a las aplicaciones dentro del cultivo de maíz tuvieron un número menor de emergencia de parasitoides; por el contrario, las pupas colectadas sin aplicación tuvieron un mayor número de adultos que emergieron (figura 8). En cuanto la duración de los estadios de las pupas expuestas a las aplicaciones retardaron la duración de su estadio, particularmente de pupa-parasitoide con 18 días; y las pupas que no fueron expuestas a estos agroquímicos no fueron afectados en la duración de sus estadios y lograron emerger a adultos en 10 días (Figura 9).

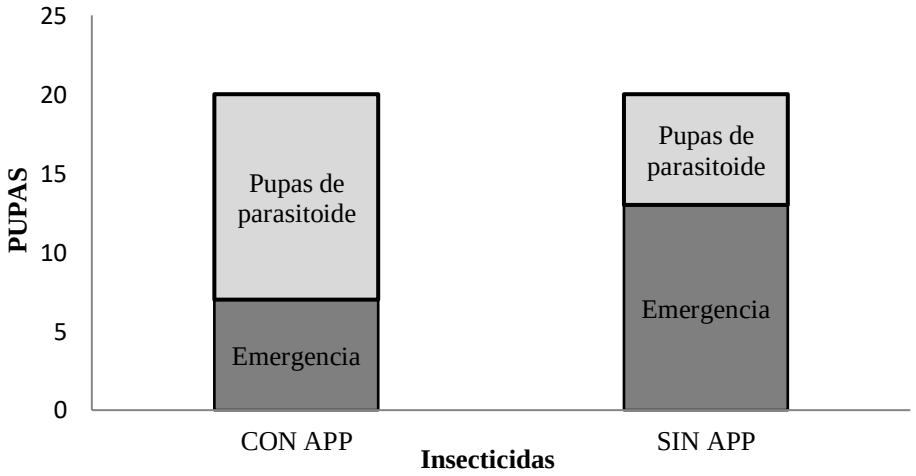


Figura 7. Total de parasitoides y pupas sin eclosión con y sin aplicación

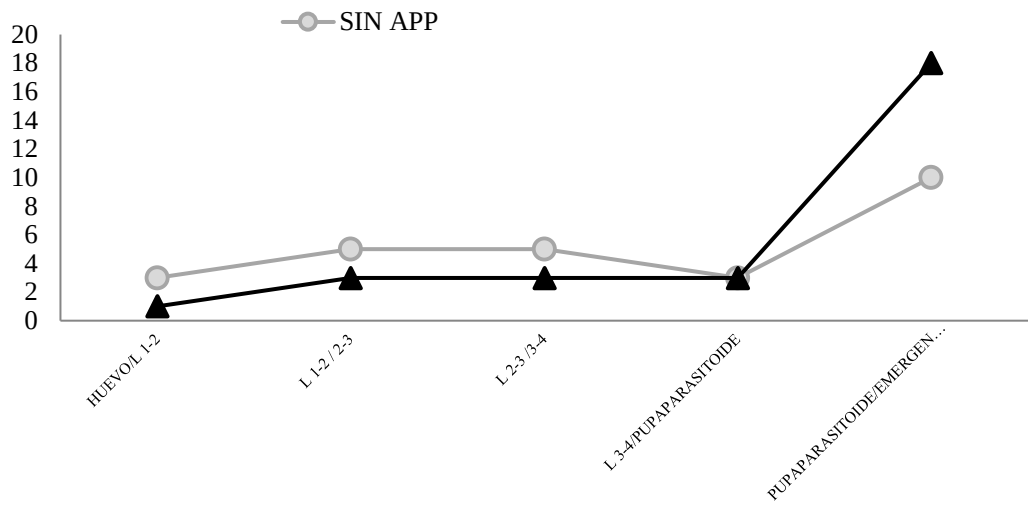


Figura 8. Duración de estadios de las pupas de parasitoides con y sin aplicación

3.5 Conclusión

De las 414 larvas de S. frugiperda colectadas, el 7% concluyó su ciclo biológico, 49% murieron de causas naturales y el 22.7% por el ataque de parasitoides.

S. frugiperda tiene afinidad a la parte media y superior del maíz en plantas de 8 a 10 hojas y de 10 a 20 cm y 50-60 cm de altura.

El ciclo biológico del gusano cogollero fue de 20 días en promedio, pero la emergencia de los parasitoides de las larvas parasitadas presentaron un ciclo biológico de 10 días aproximadamente.

Se encontraron 4 especies de parasitoides pertenecientes al orden Hymenoptera, emergidos de *S. furgiperda*, registrados previamente como protagonistas en el control biológico de la larvas de cogollero,: Aphelinidae: *Aphelinidae sp.;* Ichneumonidae: *Pristomerus spinator*, *Eiphosoma sp*.; e Hymenoptera: Braconidae: *Chelonus insularis*, siendo estas dos últimas familias de mayor abundancia.

Por último, la mayor parte de las larvas parasitadas estuvieron expuestas a la aplicación de pesticidas, que tuvo un efecto negativo no sólo, en el hospedero, causándole la muerte, sino también disminuyendo los macro elementos inorgánicos importantes en el metabolismo de los parasitoides lo que probablemente influya en la emergencia de parasitoides retrasando la duración de su estadio, particularmente de pupa-parasitoide.

3.6 Bibliografía

Ashley T., R., H. Waddill V., R. Mitchell E., and J. Rye, 1982. Impact of Native Parasites on the Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae), in South Florida and Release of the Exotic Parasite, Eiphosoma vitticole (Hymenoptera: Ichnuemonidae). Environ. EntomoJ. II: 833-837.

Bahena J., F., H. C. Arredondo B., M. Vázquez G., A. González H. y M. A. Miranda S. 2002. Parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el occidente de México. *Entomología Mexicana.* Vol. 1: 260 – 265.

Bahena-Juárez, F. 2008. Enemigos naturales de las plagas agrícolas: del maíz y otros cultivos. INIFAP, Uruapan, Michoacán, México. Libro técnico No. 5. 180 p.

Bahena-Juárez, F., E. De Lange, K. Farnier, E. Cortéz-Mondaca, R. Sánchez-Martínez, F. García-Pérez, M. Miranda-Salcedo, T. Degen, B. Gaudillat y R. Aguilar-Romero. 2010. Parasitismo natural en gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Centro de México. En: Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre de 2010, Uruapan, Michoacán, México.

Beserra E., B, C.T. Dos Santos Días & R.P. Parra J. 2002. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. Fla. Entomol. 85(4): 588-593.

Chay-Hernández, D. A., H. Delfín-González and V. Parra-Tabla. 2006. Ichneumonoidea (Hymenoptera) community diversity in an agricultural deciduas del Trópico: Una discusión acerca de su posible uso. *Acta Zoológica Mexicana, 79*: 43–56.

Cameron P., J.W. Valentine E., 1985. Evaluation of Cotesia kazak (Hymenoptera: Braconidae) a parasite of larval *Heliothis armígera* conferta (Lepidoptera: Noctuidae) in New Zealand. N. Z. J. Agric. Res. 28, 545–553.

Cardoso P., T.C. Mateus, G. Velu, R.P. Singh, J.P. Santos, M.L. Carvalho, V.M. Lourenço, F. Lidon, F. Reboredo y M. Guerra. 2018. Localization and distribution of Zn and Fe in grains of biofortified bread wheat lines through micro- and triaxial-X-ray fluorescence spectrometry. Spectrochimica Acta Part B 141 70–79.

Carrillo H. 1980. Determinación del parasitismo natural de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en Quintana Roo. Folia Entomol. Méx. 45: 111-112.

Capinera L., J. 1999. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). University of Florida. Publication No. EENY-98.

Cave D., R. 1995. Manual para el reconocimiento de Parasitoides de plagas agrícolas en América Central. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 202 p.

Cave D., R, 1993. Parasitoides larvales y pupales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Centro América con una clave para las especies encontradas en Honduras. Ceiba 34: 33-56.

Cortez-Mondaca, E., J. Pérez-Márquez y F. Bahena-Juárez. 2012. Control biológico natural de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz y en sorgo, en el norte de Sinaloa, México. Southwestern Entomologist 37(3): 423428.

Crisóstomo-Legaspi, J., J. French V., A. Garza Zuniga, and B. Legaspi C. Jr. 2001. Population dynamics of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lep.: Gracillariidae), and its natural enemies in Texas and Mexico. Biological Contr. 21: 84-90.

Delfín-González, H., M. Bojórquez-Acevedo y P. Manrique-Saide. 2007. Parasitoids of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from a tradicional maize crop in the American State of Yucatán. Florida Entomologist 90(4): 759-761.

Estrada-Vírgen O., J. Cambero-Campos, A. Robles-Bermudez, C. Carvajal-Cazola, N. Isiordia- Aquino y E. Ruíz Cancino. 2013. Parasitoids and entomopathogens of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Nayarit, Mexico. Southwestern Entomologist 38(2): 339-344.

Fernández J., L. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 17 (3).

García C., R. 2008. Control de gusano cogollero en maíz bajo el esquema del extracto de tabaco. En: www.oaxaca.gob.mx/seder

García P.F., F. Bahena y E. Cortes. 2010. Parasitismo natural sobre Gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el estado de Morelos. *Entomología Mexicana*, Vol. 9: 99 – 103.

García-Gutiérrez, C., M. B. González-Maldonado y A. González-Hernández. 2013. Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 211-215.

García-Ramírez, M., E. Ruíz-Cancino, J. M. Coronado-Blanco y A. I. Khalaim. 2016. Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) de Escárcega, Campeche, México: nuevos registros de especies. *Ciencia Universidad Autonoma de Tamaulipas*. 10: 06-12.

Gauld D., I. 1991. The Ichneumonidae of Costa Rica, 1. Memoirs of the American Entomological Institute 47: 1-589.

Gauld D., I. 1997. The Ichneumonidae of Costa Rica, 2. Memoirs of the American Entomological Institute 57:1- 485.

Gauld D., I. 2000. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Memoirs of the American Entomological Institute 63:1- 453.

Gauld D., I. 2002. The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. Memoirs of the American Entomological Institute 66: 1-768.

González-Maldonado, M. B., C. García-Gutiérrez y A. González-Hernández. 2014. Parasitismo y distribución de *Campoletis sonorensis* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parasitoides del gusano cogollero en maíz en Durango, México. *Vedalia*, 15, 47-53.

González-Moreno, A. y S. Bordera. 2012. The Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Ria Lagartos Biosphere Reserve, Mexico. *Zootaxa*. 3230: 1-51. Grossniklaus, C., T. Wyler, R. Pfister and B. Lanzrein. 1994. Biology and morphology of the parasitoid *Chelonus inanitus* (Braconidae, Hymenoptera) and effects on the development of its host *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). Invertebrate Reproduction and Development 25: 143-158.

Gutiérrez-Ramírez A., A. Robles-Bermúdez, J. Cambero-Campos, C. Santillán-Ortega, M. Ortíz-Catón, J. M. Coronado-Blanco y M. Campos-Figueroa. 2015. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México. Source: Southwestern Entomologist, 40(3):555-564.

Guy R., N., C. Leppla N., R. Rye J., W. Green C., L. Barette S., A. Hollien K. 1985. *Trichoplusia ni*. In: Sing, P., Moore, R.F. (Eds.), Handbook of Insect Rearing, vol. 2. Elsevier, Amsterdam, pp. 487–494.

Ibarra G.L.E., E. Ruíz Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2018. Contribución Al Conocimiento de Ichneumonidae (Hymenoptera) de Quintana Roo y nuevos registros para el Estado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Simposio del LIII Congreso Nacional de Entomologia. Sociedad Mexicana de Entomología. Junio de 2018, Zapopan, Jalisco, México.

Luginbill, P. 1928. The Fall Armyworm. *United States Department of Agriculture, Tech. Bul.* 34, 91 pp**.**

Martínez-Martínez, L., M. C. Hernández, y M. Gutiérrez. 1998. Variables en la cría de *Chelonus insularis* (Hym.: Braconidae), parasitoide del gusano cogollero, pp. 88-90. Memorias del XXI Congreso Nacional de Control Biológico. S.M.C.B.

Martínez-Martínez, L., A. Barrera R. 2008. Efecto de la Alimentación del huesped en el desempeño del parasitoide Chelonus insularis Cresson (Hymenoptera: Braconidae). 1 Naturaleza y Desarrollo vol. 6 núm.

Morrill W., L. and G.L. Greene. 1973. Distribution of fall armyworm larvae. 2: Influence of biology and behavior of larvae on selection of feeding sites. Environ.Entomol. 2(3):415-418.

Molina-Ochoa, J., J. E. Carpenter, E. A. Heinrichs, and J. E. Foster. 2003b. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. Florida Entomol. 86: 254-289.

Molina O., J., J. E. Carpenter, G. R. Lezama, J. E. Foster, R. M. González, S. C. A. Ángel, and L. J. Farías. 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in México. Fla. Entomol. 87: 461-472.

Molina-Ochoa, J., J. J. Hamm, R. Lezama-Gutiérrez, M. López-Edwards, M. González-Ramírez, and A. Pescador-Rubio. 2001. A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican States of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. Florida Entomol. 84: 31-36.

Nuessly G., S., B.T. Scully, M.G. Hentz, R. Beiriger, M.E. Snook and N.W. Widstrom. 2007. Resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Euxesta stigmatias* (Diptera: Ulidiidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetic systems. *Journal of Economic Entomology*. 100, 1887–1895

Ozores-Hampton, M., P.J. Dittmar, E.J. McAvoy, R.N. Raid, and S.E. Webb. 2014. Chapter 11. Sweet corn production. Vegetable Production Handbook for Florida, 2014–2015. UF/IFAS Extension Horticultural *Sciences Department*. HS737.

Pair S.D., J.R. Raulston, A.N. Sparks, P.B. Martin. 1986a. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids: differential spring distribution and incidence on corn and sorghum in the southern United States and northeastern Mexico. Environ. Entomol. 15, 342–348.

Pair, S.D., J.R. Raulston, D.R. Rummel, A.N. Sparks, J.K. Westbrook, G.K. Douce, 1986b. Fall armyworm distribution and population dynamics in the southeastern states. Fla. Entomol. 69, 468–487.

Pinheiro D., O., T.D. Zucchi, O.L.A.D. Zucchi, V.F. Nascimento Filho, E. Almeida, F.L. Cônsoli. 2010. Inorganic elements in the fat bodies of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae parasitized by Cotesia flavipes (Hymenoptera:

Braconidae). Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 156 (2010) 273–278.

Price P., W. 1975. The parasitic way of life and its consequences, pp. 1-13. In P. W. Price [ed.], Evolutionary strategies of parasitic insects and mites. Plenum Press, New York.

Ramírez-G., L, H. Bravo-Mojica & C. Llanderal-C. 1987. Development of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) under different conditions of temperature and humidity. Agrociencia 67: 161-171.

Rodríguez-Pérez, M.A. y N.E. Beckage. 2006. Estrategias co-evolutivas de la interacción entre parasitoides y polidnavirus. Rev Latinoam Microbiol; 48 (1): 31-43.

Shaw S., R. 1998. Subfamilia Cheloninae. In: Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del Nuevo Mundo. R. A. Wharton, P. M. Marsh y M. J. Sharkey (Eds.), edición en español por I. Mercado. The International Soc. of Hymenopterists. Pp. 196-205.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/.

Van Driesche R., G. 1983. Meaning of percent parasitism in studies of insect parasitoids. Environ. Entomol. 12: 1611-1621.

Vickery R., A. 1929. Studies of the fall armyworm in the Gulf Coast district of Texas. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No. 138.

Vinson S., B., F. Pennachio, F.L. Consoli. 2001. The parasitoid–host endocrine interaction from a nutritional perspective. In: Edwards, J.P., Weaver, R.J. (Eds.), Endocrine Interactions of Insect Parasites and Pathogens. The Cromwell Press, Trowbridge, pp. 187–205.

Yu D., S, K, van Achterberg, K. Horstmann. 2016. World Ichneumonoidea 2015. Taxonomy, biology, morphology and distribution. Taxapad. Vancouver, Canadá. Flash drive.