SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

DIVERSIDAD DE PARASITOIDES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN EN TRES SUBTIPOS CLIMÁTICOS

TESIS

Que presenta:

Erika Karina Domenzain Pérez

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez

Conkal, Yucatán, México

Enero, 2019

TecNM

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Conkal

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Conkal, Yucatán, México, *9, diciembre de 2019*

El comité de tesis del candidato a grado: **Erika Karina Domenzain Pérez**, constituido por los CC. **Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez**, **Dra. Alejandra González Moreno**, **Dr. Rene Garruña Hernández** y **Dr. Francisco Zúñiga**, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Diversidad de parasitoides en la Península de Yucatán en tres subtipos climáticos,** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de **Maestra en ciencias en Horticulturas Tropical**, 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

Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez
Director de Tesis

Dra. Alejandra González Moreno
Co-director de Tesis

Dr. Rene Garruña Hernández
Asesor de Tesis

Dr. Francisco Bautista Zúñiga
Asesor de Tesis

Conkal, Yucatán, México 9 de enero de 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.

Erika Karina Domenzain Pérez

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Conkal por permitirme realizar el posgrado y a todos los profesores por brindarme sus conocimientos.

Al CONACYT por el financiamiento del proyecto “Diversidad de parasitoides y su relación con la vegetación: modelos predictivos a nivel climático y de paisaje” (ciencia básica CONACYT, referencia: 241138).

A la Dra. Yemeli Aguilar Duarte del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP-MÉRIDA), por su colaboración en la generación de escenarios bases para cada subtipo climático muestreado mediante el software clic-MD.

A la Dra. Alejandra González Moreno por su paciencia, dirección y consejos durante el posgrado.

Al Dr. Horacio Ballina, por su asesoría estadística durante el desarrollo de la tesis

Al Dr. René Garruña Hernández por sus consejos y asesoría durante el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Francisco Bautista Zúñiga, por el asesoramiento en el manejo del software clic-MD.

A todos y cada uno de mis compañeros por todos los momentos y experiencias compartidas.

Dedicatoria

A mis padres Ariel Domenzain, Rita Pérez, por todo el amor, paciencia y consejos que me brindan y brindaran en cada paso de mi vida.

A mi hermano Joel Domenzain por sus consejos y apoyo incondicional.

A mi hermanita Ingrid Domenzain que por estar siempre conmigo.

A mí cuñada Nancy Montejo que es como una hermana brindando consejos.

A mi sobrina Nicole que aunque ella no se da cuenta siempre está alegrando la vida de cada uno de nosotros con cada ocurrencia y travesura que hace.

A Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida con bien.

Índice de contenido

CAPITULO 1……6
1.1 INTRODUCCIÓN……6
1.2 ANTECEDENTES……7
1.3 HIPÓTESIS……10
1.4 OBJETIVOS……10
1.4.1. General……10
1.4.2. Específicos……10
1.5. METODOLOGÍA……10
1.5.1. Estrategia experimental……11
1.5.2. Procedimiento experimental……13
1.6 Literatura citada……14
CAPITULO 2……6
2.1 RESUMEN……6
2.2 Abstract……8
2.3 INTRODUCCIÓN……9
2.4 METODOLOGÍA……11
2.4.1 Descripción de los sitios de muestreo……11
2.4.2 Muestreo climático……12
2.4.3 Muestreo de parasitoides……13
2.4.4 ANÁLISIS DE DATOS……13
2.4.5. Diversidad de parasitoides……13
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN……15
2.5.1 Generación de escenarios base y su relación con la diversidad de parasitoides……15
2.5.2 Índice de humedad (HUI) por subtipo climaticos estudiados.……19
2.5.3 Comunidades de parasitoides……21
2.5.4 Análisis de ordenación de los géneros de la familia Ichneumonidae encontrados en tres subtipos climáticos en la Peninsula de Yucatan y su relación con la temporada de lluvia y seca.31
2.5.5 Análisis de componentes principales de variables climáticas en géneros de Ichneumonidae……34
2.5.6 Análisis de componentes principales de variables climáticas en gremios de Ichneumonidae……38
2.6 CONCLUSIÓN……42
2.7 Literatura citada……44

Índice de cuadros, figuras y tablas

Capítulo 2

Cuadro 1. Abundancia de géneros de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de Yucatán. ……...…….. **22**

Cuadro 2. Abundancia de gremios de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de
Yucatán…….**24**

Cuadro 3. Diversidad de Simpson de géneros y gremios de Ichneumonidae correspondiente a tres subtipos climáticos de la Península de Yucatán con intervalos de confianza al 95 %.

……...**29**

Cuadro 4. Similitud en la diversidad de géneros y gremios de Ichneumonidae entre los tres diferentes sub tipos climáticos muestreados de la Península de Yucatán, mediante el índice de Jaccard….…… **30**

Tabla 1. Varianza explicada por cinco componentes principales derivados de cinco variables climáticas de tres subtipos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatán, y el peso de las variables originales en cada componente de los géneros de Ichneumonidae……..……..…**34**

Tabla 2. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw1) Kaxil-kiuic……..….**36**

Tabla 3. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw2) Noh-Bec……..……..**37**

Tabla 4. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw0) Yabucú. ……..**38**

Tabla 5. Varianza explicada por cinco componentes principales derivados de cinco variables climáticas de tres subtipos climáticos (Aw1) Kaxil-Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Peninsula de Yucatán, y el peso de las variables originales en cada componente de los gremios de Ichneumonidae……..……**39**

Tabla 6. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw1) Kaxil-Kiuic…….….**40**

Tabla 7. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw2) Noh- Bec…….**41**

Tabla 8. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw0) Yabucú……**41**

Figura. 1 Escenario base (1978-2016) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Yabucú- Acanceh (subtipo climático el más seco Aw1)…….. **16**

Figura. 2 Escenario base (1998-2015) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Kaxil-kiuic- Xul (subtipo climático intermedio Aw1)……..**17**

Figura. 3 Escenario base (1990-2014) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Noh-bec-Andrés Quintana Roo (subtipo climático más húmedo Aw2)……..**18**

Figura. 4 Escenario base (1978 -2017) para el índice de humedad correspondiente a Yabucú- Acanceh (subtipo climático Aw0)……..……...**19**

Figura 5. Escenario base (1998-2015) para el índice de humedad correspondiente a Kaxil-kiuic, Xul (subtipo climático Aw1). …….……..**20**

Figura 6. Escenario base (1990-2014) para el índice de humedad correspondiente a Noh-bec-Andrés Quintana Roo (subtipo climático Aw2)…… **21**

Figura 7. Curva de acumulación que presenta el número de trampas requeridas para cada muestreo de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de Yucatán…….**25**

Figura 8. Rango de abundancia de géneros de la familia Ichneumonidae en tres subtipos climáticos de la Península de Yucatán……..……...**27**

Figura 9. Rango de abundancia de gremios de la familia Ichneumonidae en tres tipos subtipos climático de la Península de Yucatán…….**28**

Figura 10. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica (CCA) que ilustra la relación de géneros de Ichneumonidae muestreados durante dos épocas climáticas, lluvia y secas en tres diferentes subtipos climáticos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatan. …….…..**32**

Figura 11. Diagrama de dispersión de análisis de redundancia (RDA) que ilustra la relación de gremios de Ichneumonidae muestreados durante dos épocas climáticas lluvia y secas en tres diferentes subtipos climáticos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatan…….**33**

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Los parasitoides son insectos que se desarrollan y alimentan dentro o sobre otros artrópodos, frecuentemente fitófagos, a los cuales matan al final del proceso (Godfray, 1994), lo que les confiere características biológicas y ecológicas de denso-dependencia con sus hospederos, al ser controladores naturales de insectos fitófagos. Dentro de los parasitoides, la familia Ichneumonidae es relevante porque es uno de los grupos de insectos con mayor riqueza del reino animal, con más de 24,000 especies descritas en todo el mundo, es una de las familias mejor conocidas en el Neotrópico (Ruiz-Cancino *et al*., 2014), lo que la hace idónea como modelo en estudios de diversidad.

La diversidad de parasitoides se encuentra relacionada con la presencia de sus hospederos y con los factores ambientales, como la temperatura, la humedad relativa, la dirección y velocidad del aire (Gullan y Cranston, 2000; Chown y Nicholson, 2004). Dichos factores influyen en la biología de la especie, como la reproducción (Amiri *et al*., 2010), desarrollo, abundancia y riqueza de especies (Tylianakis *et al*., 2005).

Numerosos estudios han mostrado el efecto de ciertos factores ambientales como la temperatura y velocidad del viento, principalmente, sobre la actividad de vuelo de insectos (Taylor 1963; Pearsall 2002; Briers et al. 2003; Peixoto & Benson 2009; Dortel *et al*., 2013). No obstante, estudios en parasitoides, son relativamente escasos. Únicamente, Idris y Grafius (1998) y Mazón *et al*. (2009), demostraron que la temperatura y la humedad relativa son los principales factores abióticos que afectan la actividad de vuelo diurna de los parasitoides en zonas templadas; pero en zonas tropicales, la relevancia de estos factores se invierte siendo la humedad el factor más importante (González-Moreno *et al*., 2012). Otro estudio advierte que en ambientes extremos y de una mayor incertidumbre climática, se puede esperar que disminuya el ataque de parasitoides y por consiguiente aumente la herbívora (Garibaldi y Paritsis, 2012). Es importante realizar evaluaciones de cómo los cambios en algunas variables

climáticas podrían impactar sobre organismos clave como los parasitoides (Casanova-Ríos, 2011).

Por otra parte, el estado de Yucatán presenta un gradiente de precipitación pluvial (Delgado *et al.*, 2011) con diferentes subtipos climáticos de clima como: Aw0 (cálido, el más seco de los subhúmedos), Aw1 (Cálido, subhúmedo con lluvias en verano) y Aw2 (cálido subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos) (García, 2004). De acuerdo a Bautista *et al*. (2013) en el estado de Yucatán el clima Aw0 aumentará en extensión y el clima Aw1 disminuirá considerablemente en superficie.

Por lo tanto, considerando que los cambios ambientales afectan a los parasitoides, es importante describir la diversidad de parasitoides en diferentes subtipos climáticos, de tal modo que este conocimiento sea importante para la adopción de medidas preventivas.

1.2 ANTECEDENTES

Diversos estudios han comprobado que las actividades humanas son las principales responsables del calentamiento global registrado en los pasados 50 años (IPCC, 2014). De manera que se pronostica el calentamiento de la tierra a 13.7° C, si no se reducen las emisiones causadas por los combustibles fósiles, como el carbono y el petróleo (IPCC, 2014). Las elevadas temperaturas traerán como consecuencia el aumento en la evaporación durante el verano y el otoño, que podrían exacerbar las sequías y los incendios forestales ocurrirán más a menudo (Gonzalez-Megias, 2011).

El cambio climático probablemente reduzca la distribución de la mayoría de las especies, también provocará interrupciones repentinas de los ciclos biogeoquímicos afectando el uso de la tierra lo cual tienen graves impactos en la agricultura (Dortel *et al.*, 2013). Cada vez más estudios muestran que el cambio climático ya ha afectado a muchas especies y ecosistemas durante el siglo pasado (Dortel *et al*., 2013). La agricultura se ve vulnerable ante el aumento de las temperaturas reduciendo la producción de los cultivos (Gerald *et al.*, 2009). Los cambios en los regímenes de la

lluvia aumentarán las probabilidades de los fracasos en las cosechas a corto plazo y la reducción a largo plazo (Gerald *et al.*, 2009).

Dichos efectos no solo se reflejarán en la agricultura, también lo harán en las especies que dependen directamente de la temperatura los (ectotermos) entre los que se encuentran los insectos (Dortel *et al.*, 2013). De tal modo, que los cambios en las distribuciones de especies e interacciones inter específicas provocadas por las altas temperaturas podría conducir a la extinción de especies más especializadas, mientras que las especies generalistas termófilas o invasoras podrían expandirse a nuevas hábitats (Dortel *et al.*, 2013). Tal acontecimiento se observó en Europa en el siglo XX, en insectos termófilos de la familia Scarabaeidae los cuales siendo uno de los principales grupos termófilos de escarabajos, expandieron su territorio a consecuencia de la modificación de temperaturas (Dortel *et al.*, 2013), donde las especies especialistas mostraron capacidades migratorias más bajas que las especies generalistas (Roslin y Koivunen, 2001).

Garibaldi y Paritsis (2012) demostraron la importancia de los factores climáticos sobre los insectos, específicamente sobre la mortalidad de insectos herbívoros causado por parasitoides en áreas ubicadas entre Canadá y Brasil, donde se observó que entre más variaba la temperatura, menor fue el ataque de los parasitoides; las variaciones en el clima generan ambientes extremos y una mayor incertidumbre climática, de los cuales puede esperar que disminuya el ataque a insectos por parasitoides, y por ende aumente la herbívora.

En el estado de Yucatán González-Moreno *et al.* (2012) realizaron un estudio en la Biosfera de la reserva de Rio lagartos en el que se describió la influencia de los factores ambientales en el comportamiento diurno de ichneumonidos en un ecosistema tropical seco, concluyeron que la humedad relativa y la temperatura son los principales factores abióticos que afectan la actividad de vuelo diurno de los parasitoides, mientras que en las zonas templadas, la relevancia de estos factores se invierte, siendo la temperatura el factor más importante (Mazón *et al.*, 2009). En consecuencia, los cambios de temperatura en zonas tropicales tanto el aumento o disminución son perjudiciales a las poblaciones de insectos, sacándolos de su rango ideal, que para el caso de los

parasitoides, estos valores óptimos se encuentran entre un rango de 29.8 a 34.8° C en bosque tropical seco (González-Moreno *et al.*, 2012).

De manera que el aumento de temperatura se refleja en la incidencia de plagas tanto en zonas templadas como en tropicales, asociadas a eventos de periodo de sequía y combinación de sequía y humedad relativa alta, causando la manifestación de plagas ocasionales como habituales, aparición de nuevas plagas a nivel regional, incremento de arvenses como plantas, cambios en los ciclos de vida de los insectos plaga, reducción de reguladores naturales (organismos benéficos, como parasitoides) y la reducción de la efectividad de métodos de control. Estos factores influyen directamente en la dinámica de poblaciones, tasa de reproducción y sobrevivencia. Al presentarse lluvias fuertes las plantas quedan expuestas a daños mecánicos en sus órganos lo que la hace más susceptible al daño por patógenos y plagas. Así mismo, el daño generado a la población de arvenses dentro de un cultivo, causa una redistribución en los hospederos de las plagas, migrando hacia plantas del cultivo. Adicionalmente, bajo estas condiciones se pude presentar una redistribución de población de plagas, siendo vectores de dispersión el agua y el viento (Vásquez, 2011).

En general eventos extremos de clima pueden incidir sobre cambios en la dispersión de insectos o plagas exóticas y alteración en la población de insectos benéficos los cuales funcionan como controladores naturales de plagas. Dado que el cambio climático genera mayores extremos y una menor incertidumbre climática, se puede esperar que disminuya el ataque a insectos por parasitoides lo que tendría impactos altamente perjudiciales en los sistemas agrícolas (Garibaldi y Paritsis, 2012).

El cambio climático está teniendo un fuerte impacto en cambios en las poblaciones de especies, comunidades ecosistemas, con potenciales consecuencias para la futura provisión de ecosistemas lo cual es un gran reto, predecir la magnitud y las consecuencias de las futuras condiciones climáticas para todos los niveles anteriores de complejidad biológica (Böhning-Gaese *et al*., 2008). Dichos efectos ya están evidentes en el nivel de abundancia y distribución de especies, con muchas especies en todo el mundo cambiando sus rangos latitudinales y altitudinales consistente con el calentamiento registrado (González-Mejía, 2011).

1.3 HIPÓTESIS

La diversidad de las especies parasitoides será menor en el subtipo climático más seco Yabucú (Aw0) comparado con los otros subtipos climáticos más húmedos (Aw1, Kaxil-Kiuic y Aw2 Noh-bec), debido a que presenta mayor temperatura y menor humedad relativa que las registradas como óptimas (34.8 °C y 71 %) para la actividad de parasitoides en Yucatán.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. General

Evaluar la distribución y la diversidad de parasitoides en tres diferentes subtipos climáticos de la Península de Yucatán.

1.4.2. Específicos

- Determinar las comunidades de parasitoides en diferentes subtipos de climas.
- Generar un escenario base de temperatura y humedad relativa de cada uno de los sitios de muestreo.
- Relacionar la diversidad de parasitoides con los índices climáticos obtenidos mediante análisis de ordenación.

1.5. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en la Península de Yucatán, en tres sitios de muestreos con diferentes subtipos climáticos. El primer sitio, ubicado en la Reserva privada de Yabucú, en el municipio de Acanceh, Yucatán, correspondiente al sub tipo climático (Aw0). El

segundo sitio, ubicado en la Reserva Biocultural Kaxil-Kiuic, en el municipio de Oxkutzcab, Yucatán, con el subtipo climático (Aw1). El tercer sitio, ubicado en el ejido de Noh-Bec, en el estado de Quintana Roo con el sub tipo climático (Aw2). En cada sitio de muestreo se colocaron 10 trampas malaise, para colectar a los parasitoides.

A la par con la colecta de parasitoides se realizó el análisis climático donde se tomaron las mediciones mensuales de temperatura, precipitación total y humedad relativa. Los datos fueron proporcionados por la Dra. Yameli Aguilar Duarte del INIFAP-Mérida. Con el software Clic-MD se analizaron los datos y se generaron los escenarios bases de cada sitio de muestreo. Se observaron las variaciones de temperatura en cada sitio, se relacionaron los índices climáticos, con los resultados de diversidad de parasitoides, estableciendo que factor tuvo mayor influencia.

1.5.1. Estrategia experimental

Para el muestreo de parasitoides se realizó la comparación de abundancia, de estructura de comunidades mediante las curvas de Whitakker y de diversidad mediante el índice de Simpson.

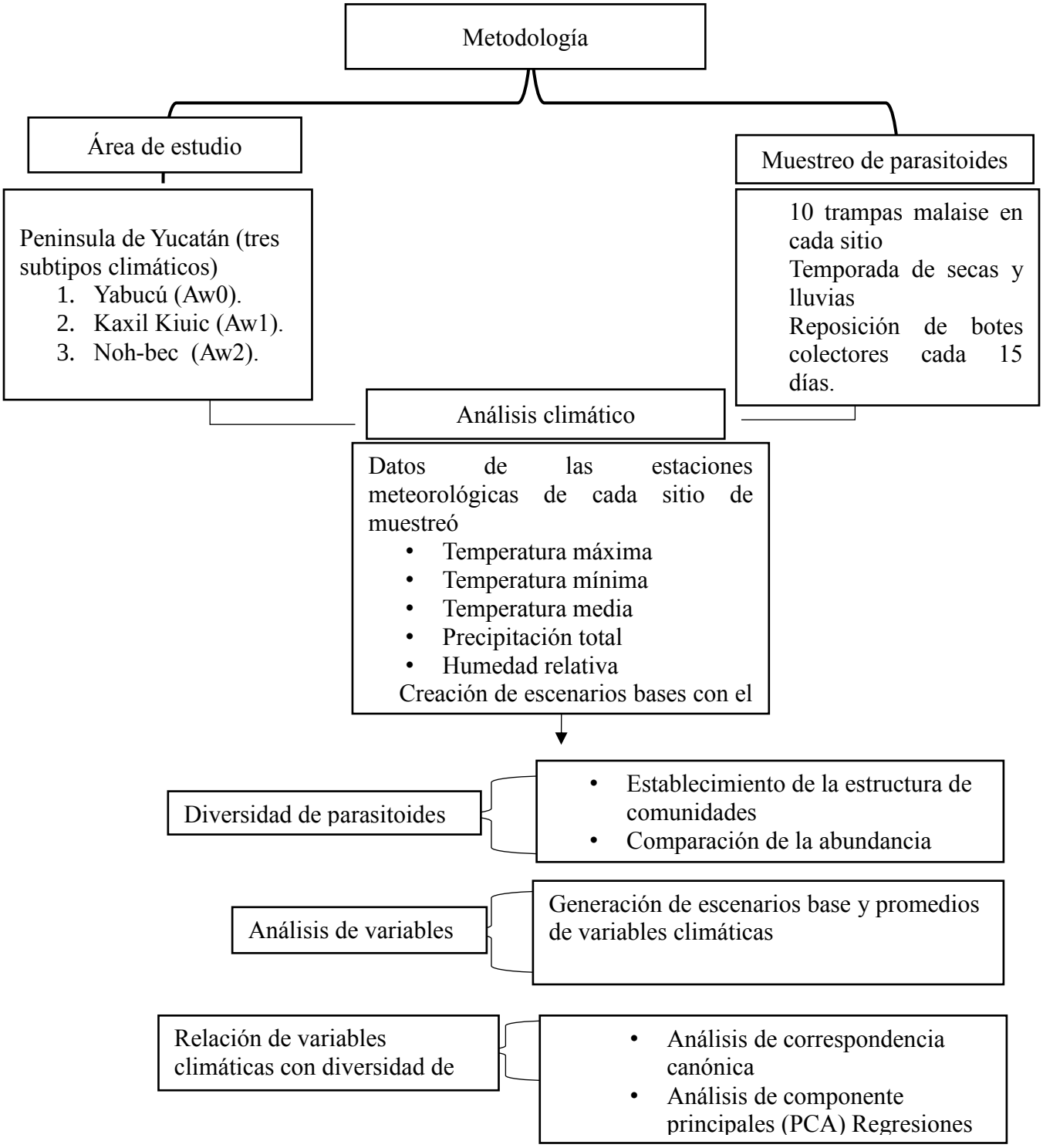
Para relacionar los indices climáticos y parasitoides se realizó el análisis de ordenación, análisis de correspondencia canónica (CCA) y el análisis de componentes principales (PCA).

El análisis de correlación canónica (CCA) es el método más generalizado de la familia de las técnicas estadísticas multivalente, se relaciona directamente con varios métodos de dependencia. Al igual que en la regresión, el objetivo de la correlación canónica es cuantificar la validez de la relación, en este caso entre los dos conjuntos de variables dependiente e independiente (Badii *et al*., 2007). Donde las variables independientes fueron dos épocas (lluvia y seca) y la dependiente fue la presencia de los parasitoides en cada subtipo climático.

Por otro lado el análisis de componentes principales (PCA) es una técnica frecuentemente utilizada para ordenar y representar datos multivariados continuos (o discretos ordinales) a través de un conjunto de combinaciones lineales ortogonales normalizadas de las variables originales que explican la variabilidad existente en los

datos de forma tal que ningún otro conjunto de combinaciones lineales de igual cordialidad tiene varianza de las combinaciones mayor a la del conjunto de componentes principales (Balzarini *et al*., 2015). Se utilizó para la reducir las variables. Perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores fueron la combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. En la cual se resumió a cinco componentes ambientales (Precipitación, abundancia, riqueza, diversidad y similitud) de cada subtipo climático.

1.5.2. Procedimiento experimental



1.6 Literatura citada

Amiri, A., A. A. Talebi, A. A. Zamani, and K. Kamali. 2010. Effect of temperature on demographic parameters of thehawthorn red midget moth, Phyllonorycter corylifoliella,on apple. J. Insect Conserv. 10: 1D12.

Badii, M.H., J. Castillo, K. Cortez, A. Wong & P. Villalpando., 2007. Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación Científica (Canonical correlation analysis and scientific research). UANL, San Nicolás, N.L., México.

Balzarini, M., Bruno C., Córdoba, M., Teich, I. 2015. Herramientas en el Análisis Estadístico Multivariado. Escuela Virtual Internacional CAVILA Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba Córdoba, Argentina

Bautista, F., Bautista-Hernández. D. A., Álvarez-Arriaga, O y de la Rosa, D. 2013. Software to identified climate change trends at the local level: a study case in Yucatán, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 19: 81-90.

Böhning-Gaese, K., Jetz, W., & Schaefer, H.-C. (2008), Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus. Global Ecology and Biogeography, 38-49.

Casanova-Ríos, L. 2011. ¿Que son los parasitoides? Facultad de Estudios Iztacala. Universidad Autónoma de México. pp. 1,2,25.

Chown, S. L. & S. W. Nicholson. 2004. Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns. Oxford Press, New York.

Delgado, C., Bautista, F., Orellana, R. y Reyes, H. 2011. Classification and agroclimatic zoning using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yucatán, Mexico. Investigaciones geográficas, BoletSuperioresIín del Instituto de Geografía, UNAM. 75: 51-60.

Dortel. E, Thuiller W, Lobo J.M, Bohbot H, Lumaret J.P y Jay-Robert P. 2013. Potential effects of climate change on the distribution of Scarabaeidae dung beetles in Western Europe. Journal of insect conservation.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Serie Libros núm. 6, 5ª. ed., Instituto de Geografía, UNAM, México.

Garibaldi, A. y J. Paritsis. 2012. Cambio climático e insectos herbívoros. Laboratorio Ecotono, Instituto de Investigación en Biodiversidad y Medio Ambiente, Universidad del Comahue - Conitec. Vol. (22): 45-48.

Gerald C. Nelson, Mark W. Rosegrant, Jawoo Koo, Richard Robertson, Timothy Sulser, Tingju Zhu, Claudia Ringler, Siwa Msangi, Amanda Palazzo, Miroslav Batka, Marilia Magalhaes, Rowena Valmonte-Santos, Mandy Ewing, y David Lee. 2009. Politica alimentaria Cambio Cliamtico. Instituto internacional de investigación sobre políticas alimentarias.

Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids. Behavioral and evolutionary ecology. Princeton

University Press, Princeton, New Jersey, USA. 473 pp.

González- Megias.A. y Méndez Rosa. 2011. Climate change effects on above- and below-ground interactions in a dryland ecosystem. Depto. de Zoologia, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada.

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.

Gullan, P. J., and P. S. Cranston. 2000. The insects. An out-line of entomology, 2nd ed. Blackwell science, Oxford,United Kingdom.

Idris, A. B., & Grafius, E. (1998). Diurnal Flight Activity of Diadegma insulare (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae), in the Field . Environmental Entomology, 27(2), 406–414. doi:10.1093/ee/27.2.406

IPCC. Summary for Policymakers. In: Edenhofer O, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B., Kriemann JS, S.

Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx editors. Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press; 2014.

Mazón, M., S. Bordera, y A. Rodríguez-Berrío. 2009. Diurnal ßightactivity of Ichneumonidae (Insecta: Hymenoptera) inCabaneros National Park (Spain). J. Nat. Hist. 43: 1291Ð1304.

Peixoto, P., and W. W. Benson. 2009. Daily activity patterns of two co-occurring tropical satyrine butterflies. J. Insect Sci. 9: 1–14.

Ruíz-Cancino, E., Kasparyan, D. R., González-Moreno, A., Khalaim, A. y J. M. Coronado-Blanco. 2014. Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* Supl.85: S385−S391.

Roslin, T. and Koivunen, A. 2001. Distribution and abundance of dung beetles in fragmented landscapes. – Oecologia 127: 69–77.

Tylianakis, J. M., A. M. Klein, and T. Tscharntke. 2005. Spa-tiotemporal variation in the diversity of Hymenopteraacross a tropical habitat gradient. Ecology 86: 3296 Ð3302.

Vásquez, L. 2011. Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana. 242p

CAPITULO 2

DIVERSIDAD DE PARASITOIDES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN EN TRES SUBTIPOS CLIMÁTICOS

***Erika Karina Domenzain Pérez, Alejandra González-Moreno, Horacio Ballina-Gómez, Rene Gurruña.**

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológica de Conkal S/N Yucatán, México. CP 97345.

*Autor de correspondencia: gonzalezmoreale@gmail.com

2.1 RESUMEN

Numerosos estudios han demostrado el efecto de la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, sobre la actividad de vuelo de insectos. Además, algunos autores advierten que en ambientes extremos y de mayor incertidumbre climática, se espera que disminuya el ataque de parasitoides y por consiguiente aumente la herbívora, por lo que es importante realizar evaluaciones de cómo los cambios en algunas variables climáticas podrían impactar sobre organismos clave como los parasitoides. El objetivo de este trabajo fue comparar la diversidad de parasitoides en tres subtipos climáticos de la Península Yucatán, México (Aw0, Aw1 y Aw2). En cada sitio se colocaron diez trampas Malaise. Se hizo un análisis de la composición de las comunidades mediante curvas de Whitakker y de la diversidad de géneros y gremios de una familia de parasitoides, Ichneumonidae, utilizando el índice de Simpson y Jaccard. Se capturaron

un total de 1624 icneumónidos: 693 especímenes para el subtipo climático Aw0, 631 especímenes para el subtipo climático Aw2 y 300 especímenes para el subtipo climático Aw1. No se encontró diferencia en la diversidad, pero si en la composición de comunidades con géneros y gremios dominantes diferentes para cada subtipo climático: *Eiphosoma* domina las comunidades del subtipo climático Aw0, *Acerastes* el subtipo climático Aw2 y *Orthocentrum* el subtipo climático Aw1. En cuanto a los gremios, los más abundantes fueron Cph (Parasitoides de larvas fitófagas ocultas), Unkn (Parasitoides cuyos hospederos son desconocidos) y gPh (Parasitoides de larvas fitófagas expuestas). Los géneros de icneumónidos prestan altos valores relacionados con las variables de precipitación, temperatura y humedad en el subtipo climático (Aw1) Kaxil-Kiuic, durante la época de seca. En cuanto a los gremios de cada sitio, se observó una estrecha relación con época de lluvias con el subtipo (Aw2), según el análisis de correspondencia canónica (CCA).

Palabras claves. Géneros, gremios**,** hospederos, icneumónidos, similitud.

2.2 Abstract

Numerous studies have shown the effect of temperature, relative humidity and wind speed on the activity of insect flight. In addition, some authors warn that in extreme environments and greater climatic uncertainty, it is expected to decrease the attack of parasitoids and therefore increase the herbivore, so it is important to make assessments of how changes in some climatic variables could impact on key organisms as the parasitoids. The objective of this work was to compare the diversity of parasitoids in three climatic subtypes of the Yucatan Peninsula, Mexico (Aw0, Aw1 and Aw2). At each site ten Malaise traps were placed. An analysis of the composition of the communities was made using Whitakker curves and the diversity of genera and guilds of a family of parasitoids, Ichneumonidae, using the Simpson and Jaccard index. A total of 1624 ichneumonids were captured: 693 specimens for the Aw0 climatic subtype, 631 specimens for the Aw2 climatic subtype and 300 specimens for the Aw1 climatic subtype. Eiphosoma dominates the communities of the Aw0 climatic subtype, Acerastes the climatic subtype Aw2 and Orthocentrum the climatic subtype Aw1. As for the guilds, the most abundant were Cph (Parasitoids of hidden phytophagous larvae), Unkn (Parasitoids whose hosts are unknown) and gPh (Parasitoids of exposed phytophagous larvae). Ineumonid genera provide high values related to the variables of precipitation, temperature and humidity in the climatic subtype (Aw1) Kaxil-Kiuic, during the dry season. Regarding the guilds of each site, a close relationship was observed with the rainy season with the subtype (Aw2), according to the canonical correspondence analysis (CCA).

Palabras claves. Géneros, gremios**,** hospederos, icneumónidos, similitud.

2.3 INTRODUCCIÓN

Los parasitoides son insectos que se desarrollan y alimentan dentro o sobre otros artrópodos, frecuentemente fitófagos, a los cuales matan al final del proceso (Godfray, 1994), lo que les confiere características biológicas y ecológicas de denso-dependencia con sus hospederos, al ser controladores naturales de insectos fitófagos. Dentro de los parasitoides, la familia Ichneumonidae es relevante porque es uno de los grupos de insectos con mayor riqueza del reino animal con más de 24,000 especies descritas en todo el mundo y es una de las familias mejor conocidas en el Neotrópico (Ruiz-Cancino *et al*., 2014), lo que la hace idónea como modelos en estudios de diversidad.

La diversidad de parasitoides se encuentra relacionada con la presencia de sus hospederos y los con factores ambientales, como la temperatura, la humedad relativa, la dirección y velocidad del aire (Gullan y Cranston 2000; Chown y Nicholson, 2004). Dichos factores influyen en la biología de la especie, como la reproducción (Amiri *et al.*, 2010), desarrollo, abundancia y riqueza de especies (Tylianakis *et al.*, 2005).

Numerosos estudios han mostrado el efecto de ciertos factores ambientales como la temperatura y velocidad del viento, principalmente, sobre la actividad de vuelo de insectos (Taylor 1963; Pearsall 2002; Briers *et al.* 2003; Peixoto & Benson 2009; Dortel *et al*., 2013). No obstante, estudios en parasitoides, son relativamente escasos. Únicamente, Idris y Grafius (1998) y Mazón *et al*. (2009), demostraron que la temperatura y la humedad relativa son los principales factores abióticos que afectan la actividad de vuelo diurna de los parasitoides en zonas templadas; pero en zonas tropicales, la relevancia de estos factores se invierte siendo la

humedad el factor más importante (González-Moreno *et al.*, 2012). Otro estudio advierte que en ambientes extremos y de una mayor incertidumbre climática, se puede esperar que disminuya el ataque de parasitoides y por consiguiente aumente la herbívora (Garibaldi y Paritsis, 2012). Es importante realizar evaluaciones de cómo los cambios en algunas variables climáticas podrían impactar sobre organismos clave como los parasitoides (Casanova-Ríos, 2011).

Por otra parte, el estado de Yucatán presenta un gradiente de precipitación pluvial (Delgado *et al.*, 2011) con diferentes subtipos climáticos de clima semiárido: BS1 (el menos secos de los semiáridos), Aw0 (cálido, el más seco de los subhúmedos) y Aw1 (cálido, subhúmedo con lluvias en verano) (García, 2004). De acuerdo con Bautista *et al*.,(2013) en el estado de Yucatán el clima Aw0 aumentará en extensión y el clima Aw1 disminuirá considerablemente su superficie .

Por lo tanto, considerando que los cambios ambientales afectan a los parasitoides, es importante describir la diversidad de parasitoides en diferentes subtipos climáticos, de tal modo que este conocimiento sea importante para la adopción de medidas preventivas.

Por estos hechos se prevé que la diversidad de las especies parasitoides será menor en el subtipo climático más seco (Aw0) comparado con los otros subtipos climáticos más húmedos (Aw1, Kaxil-Kiuic y Aw2 Noh-bec), debido a que presenta mayor temperatura y menor humedad relativa que las registradas como óptimas (34.8 °C y 71 %) para la actividad de parasitoides en Yucatán. De tal manera que el objetivó de este trabajo es evaluar la

distribución y la diversidad de parasitoides en tres diferentes subtipos climáticos de la Península de Yucatán.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Descripción de los sitios de muestreo

El estudio se realizó en tres sitios de la Península de Yucatán, con diferentes subtipos climáticos correspondientes a un gradiente de humedad. El Primer sitio se localiza en la Reserva de Yabucú, en el municipio de Acanché, Yucatán. Presenta un clima cálido, el más seco de los subhúmedo (Aw0) con lluvias en verano, el rango de temperatura anual es entre 26 y 28 °C, con una precipitación anual entre 1,000 y 1,100 mm, húmeda relativa entre 66 y 89 % y una vegetación de selva baja caducifolia. El segundo sitio corresponde a la Reserva biocultural Kaxil-Kiuic, ubicado en el municipio de Oxkutzcab, Yucatán, es un área natural protegida privada, ubicada en el Sur del Estado de Yucatán, con tipo de selva mediana subcaducifolia (Bezaury-Creel *et al*., 2014), el tipo de clima que predomina es el tipo cálido, subhúmedo intermedio (Aw1) con lluvias en verano y marcadas sequias a mediados y fines de primavera; con una temperatura media de 26° C y la precipitación anual de entre 1000 y 1200 mm, y una húmeda relativa de 80.63 % (García, 2004). El tercer sitio corresponde al ejido de Noh-bec, ubicado en el centro del Estado Quintana Roo, al Sur del municipio de Felipe Carrillo Puerto al Oeste de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, el clima predominante es cálido subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos (Aw2) oscilando entre los 22 °C en el mes más cálido y 18 °C para el mes más frío, con una húmeda relativa de 74.16 %, presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y otro periodo corto de lluvias ligeras en

Febrero y Marzo denominado “cabañuelas”, el rango de temperatura media anual oscila entre 24 y 26° C, su precipitación anual es de 1,200 mm (Rzedowski, 1978), con tipo de selva mediana subperennifolia.

2.4.2 Muestreo climático

Para generar los escenarios base de cada subtipo climático se recurrió a las bases de datos de los años 1978 a 2016, de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de muestreo, los datos fueron proporcionados por el INIFAP-Mérida. De tal modo que para el subtipo climático Aw1 correspondiente al sitio de la reserva biocultural Kaxil-Kiuic, se analizaron los datos de la estación meteorológica Xul, Oxkutzcab; para el subtipo climático Aw2 correspondiente al sitio de Noh-bec (Quintana Roo), se analizaron los datos de la estación meteorológica Andrés Quintana Roo, y para el subtipo climático Aw0 correspondiente al sitio de Yabucú, se analizaron los datos de la estación meteorológica de Acanceh, Yucatán.

Con el software Clic-MD se generaron los escenarios base de cada sub tipo climático muestreado, fue observada la variación de las temperaturas durante diferentes años, tomando un periodo de referencia (antes de 1990), y un periodo de comparación, (después de 1990) (IPCC, 2001; IPCC, 2003). En los cuales las anomalías climáticas se indican a los extremos de las gráficas marcados de color verde. Los eventos o periodos extremos son aquellos que tienen valores muy altos o muy bajos de los elementos del clima, con una probabilidad de ocurrencia de 0.01 a 0.05; son las diferencias entre la temperatura media del año en cuestión; es decir los valores que se presentan por arriba del 95% o por debajo del 5%. (Beniston, 2008).

De igual manara se generaron escenarios bases de humedad para cada subtipo, con el proposito de clasificar los meses según el valor del índice basados en la clasificación reliazda por (Lobo *et al*., 2004) la cual va de <0.05 hasta >1, con ocho (8) categorías: **1.-** hiperbáricas <0.05, **2.-** áridas 0.05 ≥, **3.-** semiáridas 0.2 ≥, **4.-**subhúmedas secas 0.5 ≥, **5.-** subhúmedas húmedas 0.65 ≥, **6.-** húmedas 1 ≥, **7.-** Muy húmedas 1.5 >, **8.-** hiperhúmedas 2 >. Cabe resaltar que esta clasificación se enfocó en los meses de abril a septiembre los cuales fueron en los que se realizaron los muestreos de parasitoides de este trabajo.

2.4.3 Muestreo de parasitoides

Se utilizaron 30 trampas malaise, colocando 10 malaise en el centro de vegetación de cada sitio, las cuales funcionaron ininterrumpidamente durante la temporada de secas (Marzo-Mayo) y lluvias (Junio-Octubre) (Herrera-Silveira *et al*., 1998), se repusieron los botes colectores cada 15 días, inició el día 20 de abril y finalizó el 29 septiembre de 2017. Los especímenes obtenidos se separaron y montaron en seco, con las técnicas curatoriales convencionales (Gullan y Cranston, 2000), en el laboratorio de plagas del Instituto Tecnológico de Conkal. Posteriormente se identificaron a nivel subfamilia y género utilizando las claves taxonómicas de Gauld (1991,1997, 1998, 2000).

2.4.4 ANÁLISIS DE DATOS

2.4.5. Diversidad de parasitoides

Para el análisis de las comunidades de parasitoides se realizaron curvas de acumulación por cada sitio, con los datos de diez trampas como medida del esfuerzo de muestreo, con el fin de conocer la representatividad de las muestras considerando el número de trampas malaise

utilizado, mediante el software EstimateS 9.10 (Colwell, 2009). Con el fin de conocer la abundancia de géneros y gremios de cada subtipo climático se realizaron las curvas de Whitakker Posteriormente, se estimó la diversidad de la familia Ichneumonidae presente en los tres subtipos climáticos, con base en la distribución de los individuos de las diferentes especies mediante el índice de Simpson, con el software Species Diversity and Richness III (Pisces, 2004). De manera adicional para conocer la similitud en la diversidad de los tres sitios, se estimó la diversidad bata como complementariedad, mediante el índice de similitud de Jaccard, con valores que van de 0-1, donde 0 representa comunidad diferente y 1 similitud (Magurran, 2004), utilizando el software EstimateS 9.10. Cabe mencionar que los análisis de diversidad se realizaron a nivel género y a nivel gremios, esto con el objetivo de conocer las diferencias que se puedan presentar no sólo por la identidad de las especies, sino por la función que tienen en los ecosistemas estudiados. Para definir los gremios de los parasitoides se tomó la clasificación de Mazon y Bordera (2014), modificada de Garbarczyk y Sawoniewicz (1984) que define los siguientes gremios:

(Xyl) parasitoides de larvas xilófagas (se alimentan con madera).

(cPh) Parasitoides de larvas fitófagas ocultas: esta categoría se refiere a los parasitoides que atacan a esas larvas que se alimentan de hojas y se desarrollan ligeramente protegido por la vegetación, como rodillos de hojas, agallas formadores o mineros de hojas.

(gPh) Parasitoides de las larvas fitófagas expuestas: este gremio incluye aquellos parasitoides que atacan la alimentación de larvas en las partes externas de las plantas, como hojas, tallos, flores y capullos, y como consecuencia de estos hábitos de alimentación, están expuestos.

(Myc) Parasitoides de larvas micofágas (se alimentan de hongos).

(Coc) parasitoides de capullos y pupas.

(Mel) Parasitoides de larvas melitofagas: parasitoides de larvas de abejas (Hymenoptera: Apoidea: apiformes) que se alimentan de tiendas de miel y polen.

(Sap) Parasitoides de larvas saprófagas: icneumónidos parasitando larvas que se alimentan de material en descomposición.

(Zoo) Parasitoides de larvas zoofagas (depredadoras).

(Poli) Parasitoides polífagos colocamos parasitoides en esta categoría cuyo rango de hospederos incluye dos o más órdenes de artrópodos con diferentes hábitos tróficos.

(unkn) Parasitoides cuyos hospederos permanecen desconocido.

Por último, para describir la relación de diversidad de parasitoides con los índices climáticos, se hizo un análisis de componentes principales (PCA) estableciendo que factor tuvo mayor afectación en la diversidad de parasitoides. De igual modo se realizó el análisis de correspondencia canónica (CCA) por medio del cual se observó la dispersión que tienen los parasitoides en cada temporada climática (seca y lluvia).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Generación de escenarios base y su relación con la diversidad de parasitoides

Se generaron los escenarios base de temperatura y humedad de los últimos 38 años de cada uno de los sitios muestreados. Para el subtipo climático Aw0 (Yabucú), se estudió el periodo de 1970-2016, de los cuales se tomó como periodo de referencia de 1978-1990 y el periodo de comparación de 1991-2016, durante el periodo de referencia se observaron los eventos extremos de 42 °C con una probabilidad de 0.16, mientras que para el periodo de comparación los eventos extremos se presentan con 46 °C, con 4 grados más que el periodo de referencia con una probabilidad de 0.01. En cuanto a las temperaturas bajas para el periodo de referencia se presentó con 29 °C, mientras que para el periodo de comparación no presentó ninguna anomalía (Figura 1). Estos hechos podrían estarse generando debido a que la hacienda de Yabucú se encuentra muy cercana a Mérida la cual está afrontando temperaturas más extremas debido a las actividades antropogénicas.

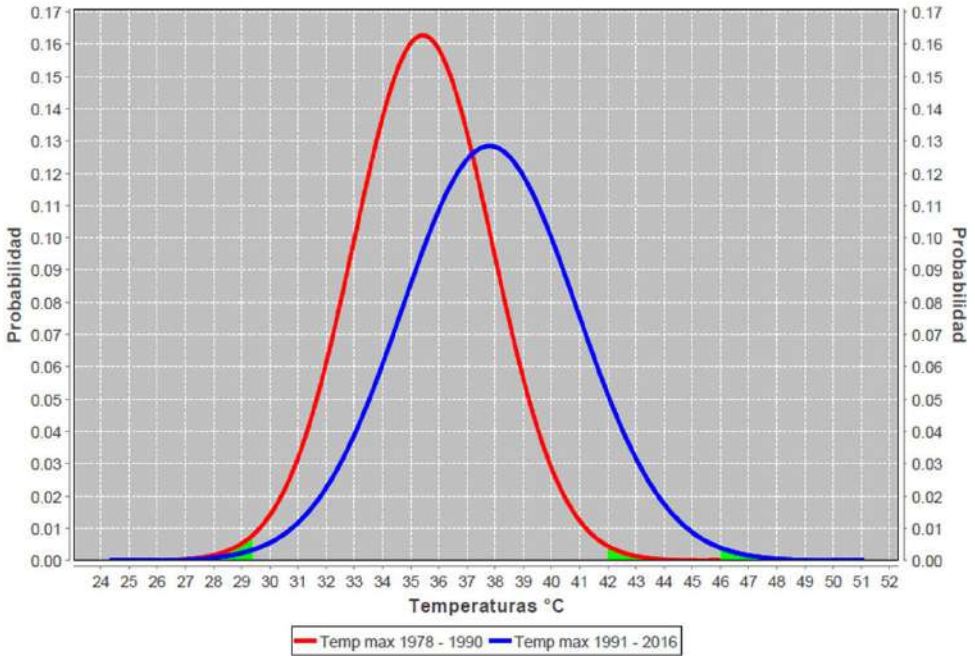


Figura 1. Escenario base (1978-2016) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Yabucú- Acanceh (subtipo climático el más seco Aw1)

Para el escenario del subtipo climático Aw1 (Kaxil-Kiuic), se estudió el periodo de 1998- 2015, tomando con periodo de referencia 1998-2005, y de 2006-2015 como periodo de comparación, donde los eventos extremos para el periodo de referencia fue de 42 °C con una probabilidad de 0.22. Para el periodo de comparación los eventos extremos se presentan con una temperatura de 45 °C, 2 grados más que el periodo de referencia. Por el contrario, en los eventos de bajas temperaturas se observó que para el periodo de referencia la mínima se presentó con 32.5 °C, y el periodo de comparación con 30 °C, 2 grados menos que el periodo de referencia, la anomalía fue un enfriamiento durante el periodo de comparación (Figura 2). Este hecho se podría estar presentando debido a las condiciones y ubicación de dicho sitio, ya que al ser una reserva e importante corredor biológico integrado por macizos de selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia que conecta las selvas medianas del centro de la Península con los humedales del oeste de Yucatán y Campeche (Bezaury-Creel *et al*., 2014). Por lo que no se encuentra muy expuesta a las actividades antropogénicas que pudieran ocasionar el calentamiento de dicho lugar.

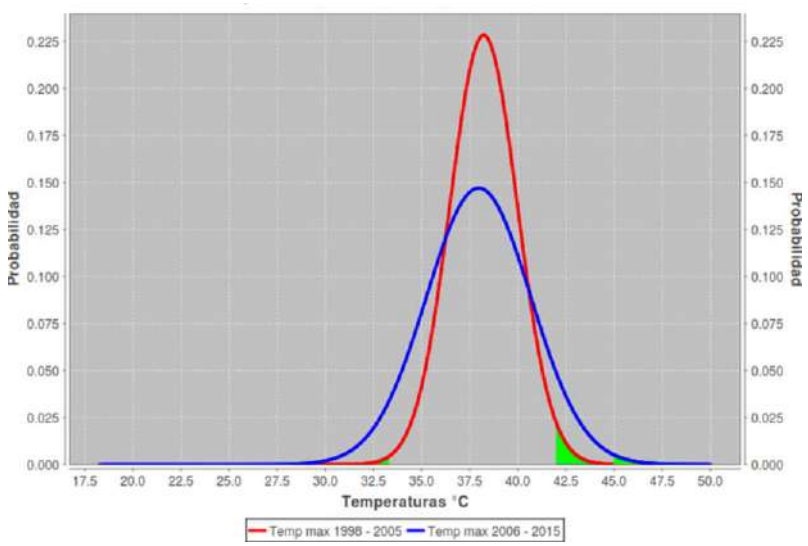


Figura 2. Escenario base (1998-2015) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Kaxil-kiuic- Xul (subtipo climático intermedio Aw1)

El escenarios climático del subtipo Aw2 (Noh-bec), de los años 1990-2014, presentaron para el periodo de referencia, 1990-2008, 34.5°C con una probabilidad de 0.030, mientras que para el periodo de comparación 2009-2014, presentó 38 °C, con una diferencia de 3.5 grados de diferencia que el periodo de referencia. Por otro lado las anomalías en las bajas temperaturas para el primer periodo fueron de 26°C, y para el segundo periodo fue de 29°C, con 3 grados de más de diferencia. Las anomalías presentes en este sitio no fueron tan altas en comparación con la observada en Yabucú, sin embargo si se presentó una alta en las temperaturas (Figura 3). Estos resultados se deben a que Noh-bec se encuentra ubicado en la zona más húmeda de la península, al ser una reserva se encuentra menos expuesta a las actividades humanas que afectan las condiciones ambientales naturales.

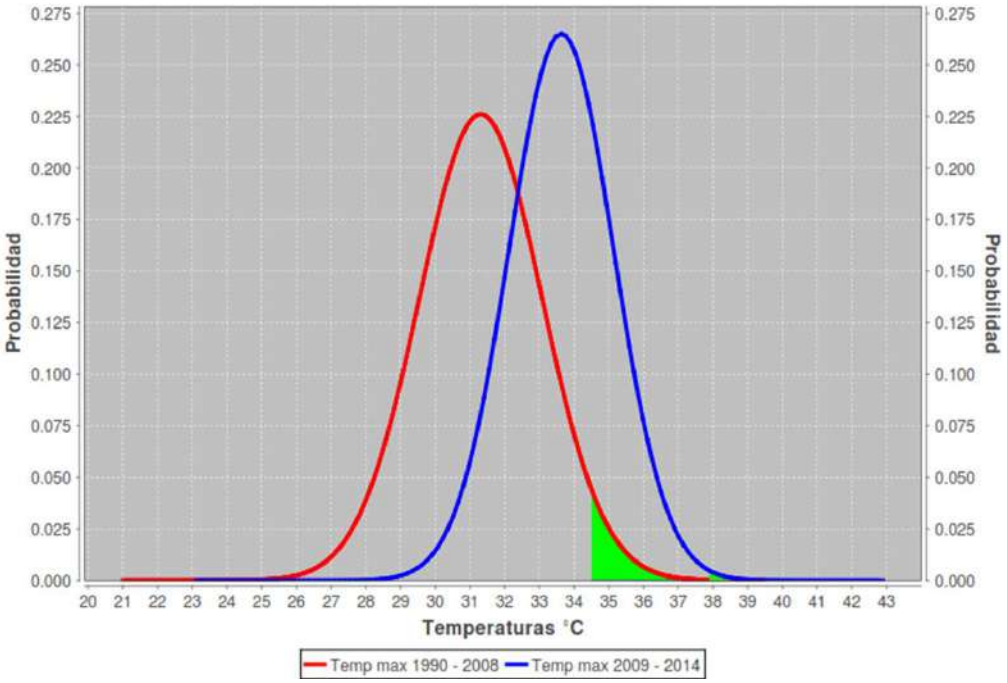


Figura 3. Escenario base (1990-2014) para anomalías de temperaturas o eventos extremos correspondientes a Noh-bec-Andrés Quintana Roo (subtipo climático más húmedo Aw2).

2.5.2 Índice de humedad (HUI) por subtipo climaticos estudiados.

El subtipo climático Aw0 (Yabucú) presentó un mes árido (abril) con 0.20 de humedad, un mes semiárido (mayo) con 0.30 de humedad y cuatro meses catalogados como subhúmedos húmedos, de junio a septiembre, siendo este último el de mayor índice de humedad de 0.90 (Figura. 4).

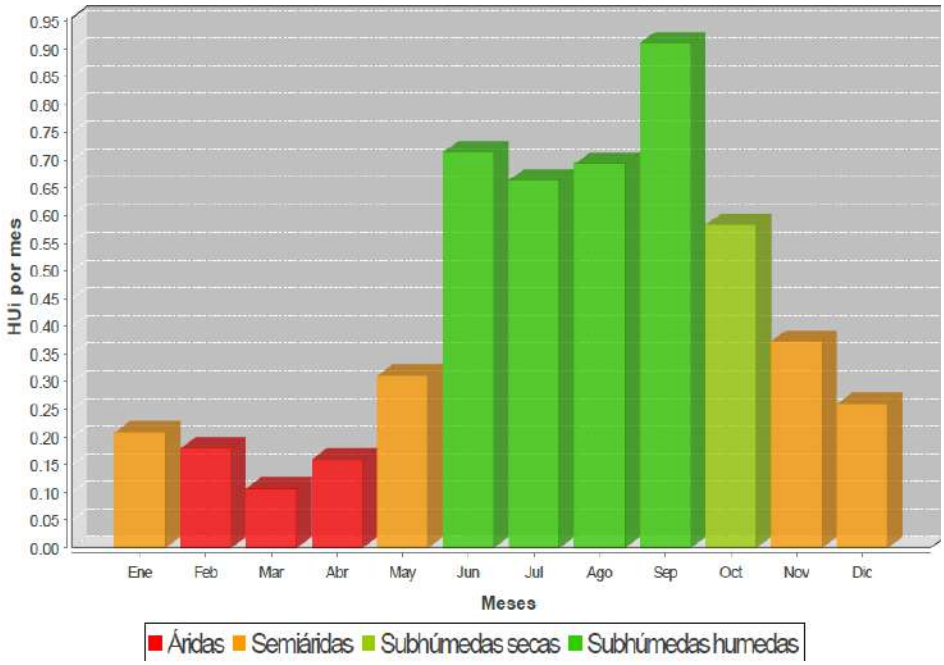


Figura 4. Escenario base (1978 -2017) para el índice de humedad correspondiente a Yabucú-Acanceh (subtipo climático Aw0).

Por otro lado el subtipo (Aw1) Kiuic, al igual que Yabucú, presento un mes árido (abril) con 0.20 de humedad y un mes semiárido (mayo) con 0.30 de humedad, 1 mes (julio) subhumedo seco, dos meses (junio y agosto) con 0.8 de humedad catalogados como subhumedo humedo, y el mes de septiembre como el más húmedo pero valores de 1.5 (Figura 5).

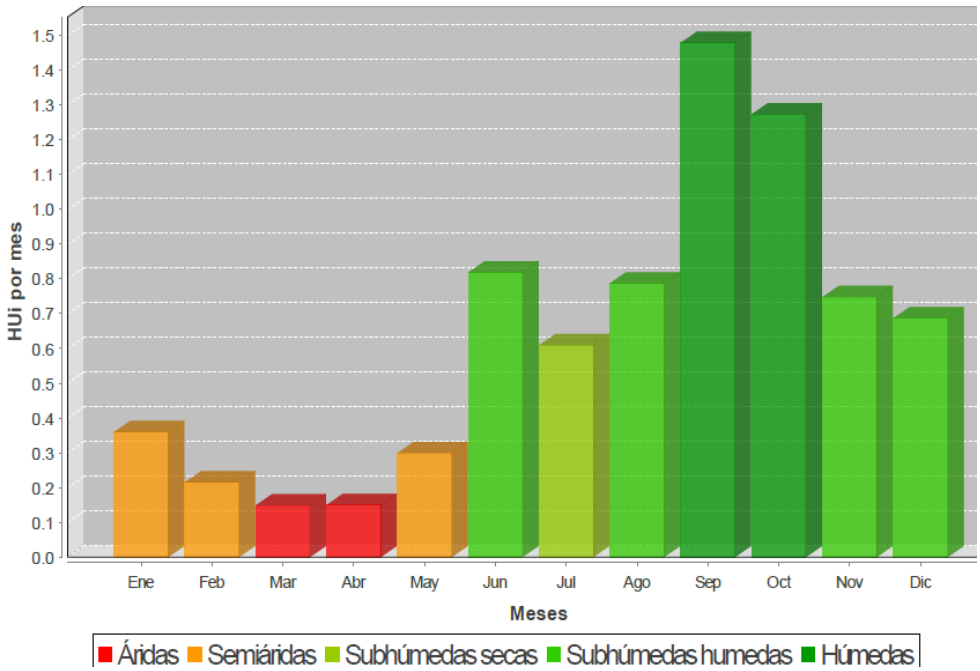


Figura 5. Escenario base (1998-2015) para el índice de humedad correspondiente a Kaxil- kiuic, Xul (subtipo climático Aw1).

Durante los meses de muestreo (abril-septiembre) el subtipo climático Aw2 Noh-bec, en general fue más húmedo que los otros sitios: presentó sólo un mes (abril) semiárido, tres meses subhúmedos húmedos (mayo, junio y agosto) y dos meses húmedos (junio y septiembre) siendo este último el mes más húmedo observado con 1.4 de índice de humedad (Figura. 6).

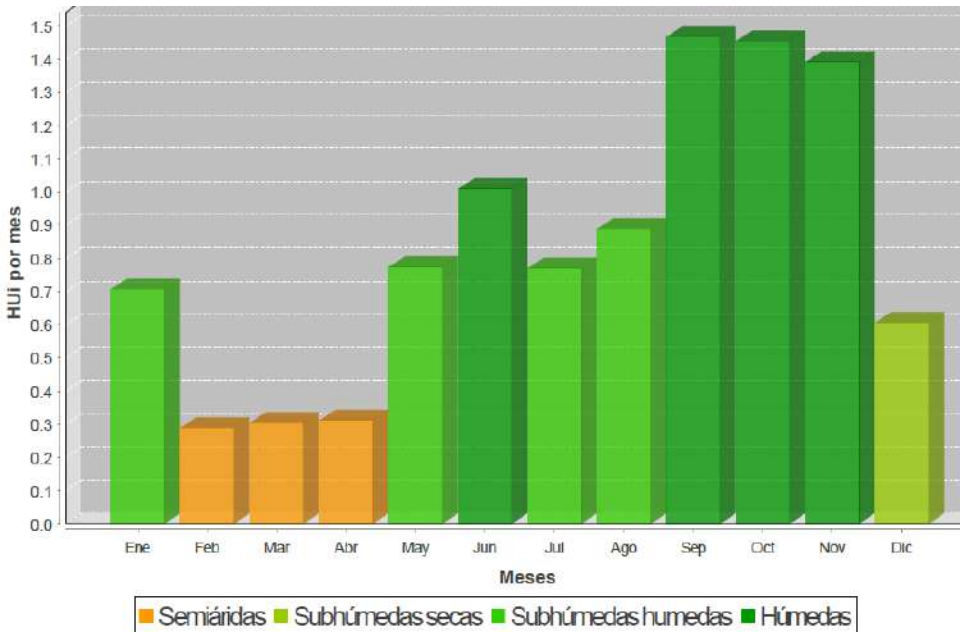


Figura 6. Escenario base (1990-2014) para el índice de humedad correspondiente a Noh-bec-Andrés Quintana Roo (subtipo climático Aw2).

2.5.3 Comunidades de parasitoides

Se obtuvo un total de 1624 especímenes de la familia Ichneumonidae en los tres subtipos climáticos, de los cuales 693 individuos fueron colectados en el subtipo climático (Aw0) correspondiente al sitio de Yabucú, 631 individuos para el subtipo climático (Aw2) correspondiente al sitio de Noh-bec y 300 individuos para el sitio de Kaxil-Kiuic (Aw1) (Cuadro 1). En total se identificaron 15 subfamilias, 50 géneros y 9 gremios.

Cuadro 1. Abundancia de géneros de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de Yucatán.

Género	Kaxil-Kiuic (Aw1)	Noh-Bec (Aw2)	Yabucú (Aw0)	Total
Eiphosoma	13	24	303	340
Acerastes	4	102	19	125
Baltazaria	17	94	10	121
Orthocentrus	28	50	42	120
Diapetimorpha	23	54	42	119
Tersilochus	20	83	16	119
Xiphosomella	19	28	32	79
Neotheronia	15	54	4	73
Hylophasma	2	25	27	54
Temelucha	13	3	30	46
Ophionellus	3	0	36	39
Lanugo	27	0	5	32
Mesochorus	5	6	17	28
Meniscomorpha	3	5	17	25
Mnioes	7	12	5	24
Pristomerus	1	2	20	23
Metopiinae sp.	7	3	9	19
syzectus	2	17	0	19
Camera	14	1	2	17
Phygadeuontini	2	7	8	17
Anomalon	1	14	0	15
Compsogryptus	13	1	1	15
Joppidium	7	2	5	14
Dismodix	1	5	6	12
Labena	6	6	0	12
Ophioninae sp.	0	5	7	12
Physotarsus	5	1	6	12
Netelia	0	1	10	11
Lymeonina sp.n	6	2	1	9
Podogaster	5	2	2	9
Endasys	7	0	0	7
pachisomoides	4	2	1	7
A. chichimecus	5	0	1	6
Agrypon	2	3	0	5
Barycerus	2	1	1	4

Cryptanura	2	2	0	4
Debilus	0	3	1	4
Lissonota	1	3	0	4
Grotea	1	1	1	3
Mesatoporus	0	1	2	3
Trathala	1	1	1	3
Tromatobia	2	0	1	3
chiroteca	0	2	0	2
Ischnus	1	0	1	2
Lymeon	1	1	0	2
Ateleutina ateleute	1	0	0	1
lymeon o *mallochia*	0	0	1	1
Mallochia o *Strabotes*	1	0	0	1
Melanocryptus	0	1	0	1
Polycyrtus	0	1	0	1
Total general	300	631	693	1624

El esfuerzo de muestreo fue óptimo, ya que se obtuvo el 100 % de la riqueza estimada entre los tres sub tipos climáticos, de acuerdo a las curvas de acumulación. Considerando la forma de la curva y la asíntota alcanzada, se observó para los tres subtipos climáticos estudiados (Aw0, Aw1 y Aw2), se pueden alcanzar altos valores de riqueza de géneros, con la mitad del esfuerzo realizado para los tres sitios (Figura 7). Para Yucatán se reportan 230 especies (Ruiz-Cancino *et al*., 2014), y 113 géneros de parasitoides (Gonzales-moreno *et al*., 2017), de los cuales en este trabajo encontramos 44% de los géneros reportados. Por otra parte, considerando los límites de confianza, no existen diferencias en el número de géneros presentes en los tres subtipos climáticos. Esto es contrario a lo esperado ya que numerosos estudios demostraron que a mayor complejidad estructural de la vegetación mayor es el número de refugios disponibles, lo que permite alojar mayor diversidad de parasitoides

(Hawkins y Lawton, 1987; Hawkins, 1988; Hawkins *et al*., 1992; Sääksjärvi *et al*., 2006; Fraser *et al*., 2007; González-Moreno *et al*., 2017). Con relación a los gremios, se encontraron 9 de los 10 gremios registrados para esta familia. El gremio más abundante es gPh con 334 individuos del total (Cuadro 2). Este gremio ataca hospederos ocultos (Mazon y Bordera 2014), por lo que es probable que por eso sean exitosos en el sitio más seco y con alta insolación.

Cuadro 2. Abundancia de gremios de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de Yucatán.

Gremios	Kiuic (Aw1)	Noh-bec (Aw2)	Yabucú (Aw0)	Total general
gPh	42	13	279	334
Coc	27	37	22	86
Cph	12	38	38	88
Unkn	5	49	15	69
Myc	5	4	10	19
Xyl	2	0	0	2
Sap	0	1	0	1
Hyp	0	3	5	8
Mel	0	1	2	3
Total general	93	146	371	610

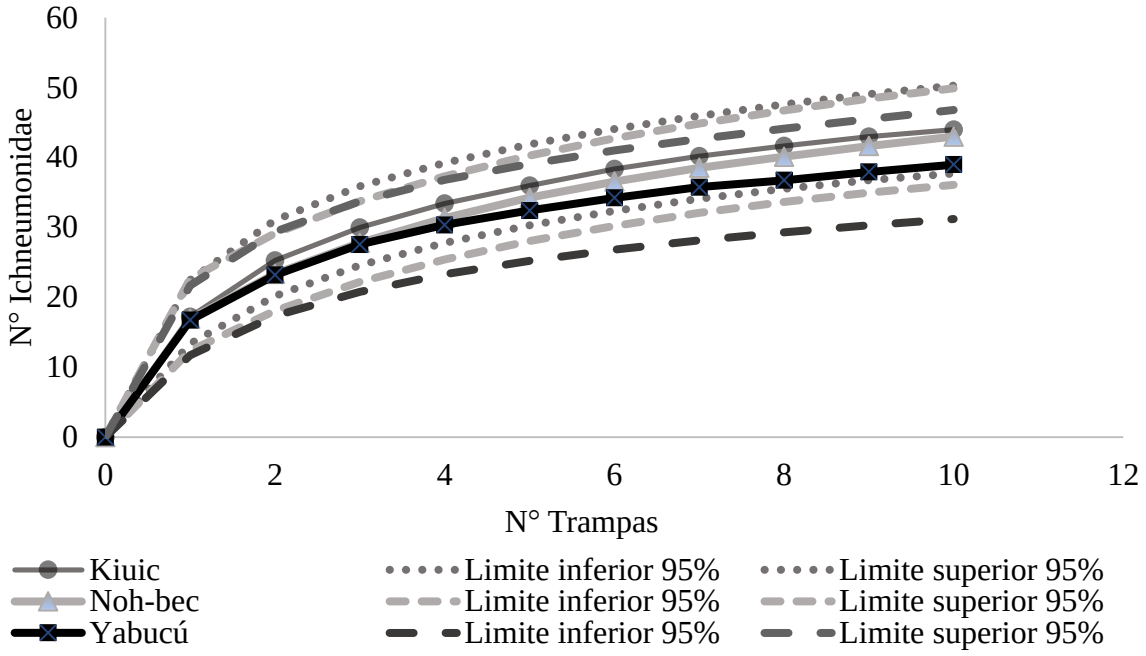


Figura 7. Curva de acumulación que presenta el número de trampas requeridas para cada muestreo de Ichneumonidae en tres sub tipos climáticos de la Península de Yucatán.

La estructura de comunidades de parasitoides de los tres subtipos climáticos presentó diferencias en el género dominante y en la composición de géneros. Considerando la pendiente de la curva de Whitakker, Yabucú correspondiente al sub tipo climático más seco (Aw0) presentó las comunidades menos equitativas, un solo género (*Eiphosoma*) fue el más abundante (Figura 8), con diferencias marcadas en el número de individuos con relación al segundo genero más abundante (Cuadro 1). El género *Eiphosoma* se ha registrado con una distribución amplia en las regiones tropicales, particularmente en áreas secas o en lugares con alta insolación (Ruiz-Cancino, 2010), características de la mayoría de los habitats presentes en el Estado de Yucatán, donde domina el bosque tropical seco. De los tres sub tipos climáticos estudiados, Yabucú (Aw0) es considerado el más seco, según la clasificación de Köppen

modificado por García (2004) con relación a los otros subtipos presentes en la Península. Pero, este género en los otros subtipos climáticos pierde importancia en términos de abundancia, por lo que se puede seguir asociando su presencia a hábitats con alta insolación.

En los otros dos tipos sub climáticos se observaron comunidades más equitativas (Figura.8), para Noh-bec se observaron tres géneros dominando las comunidades, *Acerastes*, *Baltazaria* y *Tersilochus*. Los dos primero géneros tienen una distribución cosmopolita y poseen una gran variedad de estrategias biológicas, que les permite utilizar como hospederos a varias especies de insectos, lo que la vuelve exitosa en diferentes tipos de climas y de vegetación (Townes, 1970; Fernández y Sharkey 2006). Por otro lado, *Tersilochu*s es de gran interés (subfamilia Tersilochinae) que ocupe el tercer lugar en abundancia en los subtipos climáticos Kaxil-kiuc (Aw1) y Noh-bec (Aw2), debido a que no es una subfamilia ampliamente recolectada en la región; sólo se han registrado 4 especies para todo el país (Ruiz-Cancino *et al*., 2014). En el sub tipos climáticos Aw0 (Yabucú), este género pierde importancia en términos de abundancia (Figura. 8), esto puede deberse a los hospederos que ataca, principalmente larvas de escarabajos fitófagos de las familias Curculionidae, Nitidulidae y Chrysomelidae (Gauld, 1991), por lo que es más probable que en las selvas más complejas y con mayor cobertura de árboles, como son las selvas medianas subperennifolia, se encuentre mayor diversidad de estos fitófagos. También es probable que sea un género que necesite hábitats más húmedos, ya que tanto en este estudio, en Yabucú, como en otros trabajos realizados en selvas bajas del Estado de Yucatán, con menor índice de humedad relativa que los reportados para Kaxil-Kiuic y Noh-bec, no es un género abundante.

Para Kaxil-Kiuic el género *Orthocentrus* fue el más abundante, con respecto a este género no se tiene mucha información, sin embargo, la subfamilia a la que pertenecen son de distribución cosmopolita, moderadamente grande, contienen 7 géneros que pueden ser encontrados en lugares y bosques húmedos (Jonaitis y Rimsaite, 2002; Townes, 1971).

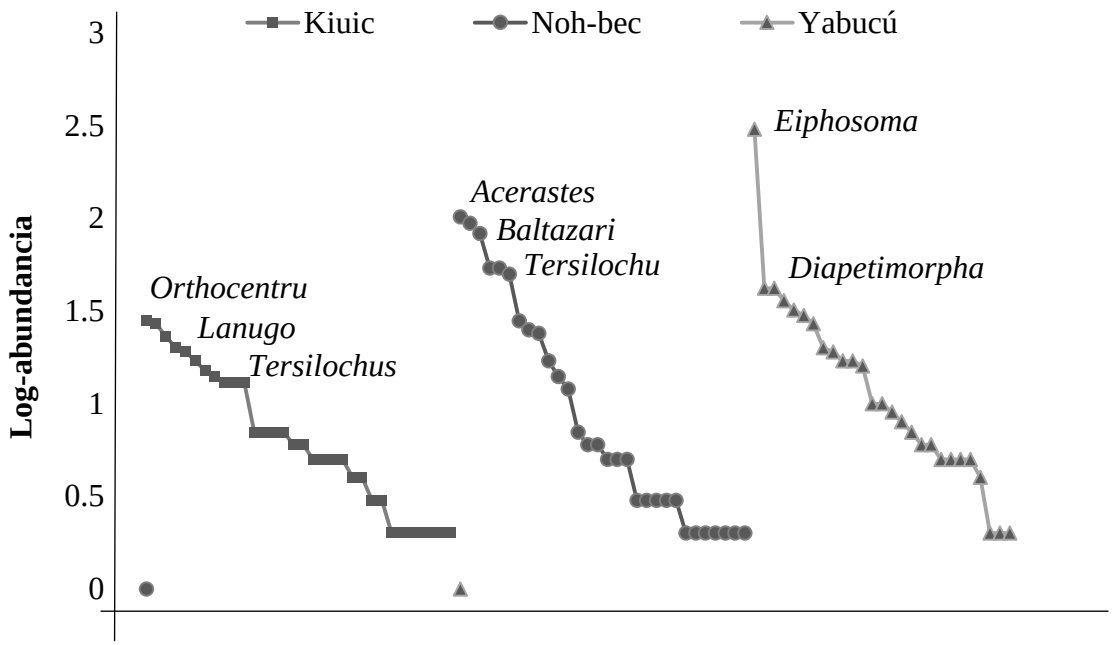


Figura 8. Rango de abundancia de géneros de la familia Ichneumonidae en tres subtipos climáticos de la Península de Yucatán.

Con relación a los ensambles conformados por los gremios de Ichneumonidae, los resultados confirman que las comunidades de los tres sitios son diferentes entre sí. Nuevamente se observa que la comunidad menos equitativa fue en Yabucú (Aw0), donde el gremio Parasitoides de larvas fitófagas ocultas (Cph), fue el más abundante, lo que puede estar

relacionado con parasitar larvas de plagas agrícolas ocultas entre las cuales se puede encontrar al cogollero. El que Yabucú presente comunidades menos equitativas era de esperarse al considerar su escenario climático ya que tiene las temperaturas más elevadas, por lo que es probable que los parasitoides de Yabucú estén más adaptados para sobrevivir a temperaturas extremas.

Para el sitio de Noh-bec (Aw2) el gremio más abundante fue parasitoides de los que no se conocen con exactitud los hospederos que atacan (unkn) (Figura 9). Esto refleja la necesidad de más estudios sobre las interacciones hospedero-parasitoide. Por otro lado, en la selva con humedad intermedia (Kaxil-Kiuic), el gremio más abundante fue parasitoides de larvas fitófagas expuestas, gPh, representados principalmente por parasitoides del genero *Orthocentrus*, que son endoparasitoides larvales de fungívoros nematocerosos de la familias Mycetophilidae y Sciaridae (Insecta: Díptera) (Bechev, 1986, Wahl y Gauld, 1998), los cuales necesitan lugares húmedos para desarrollarse.

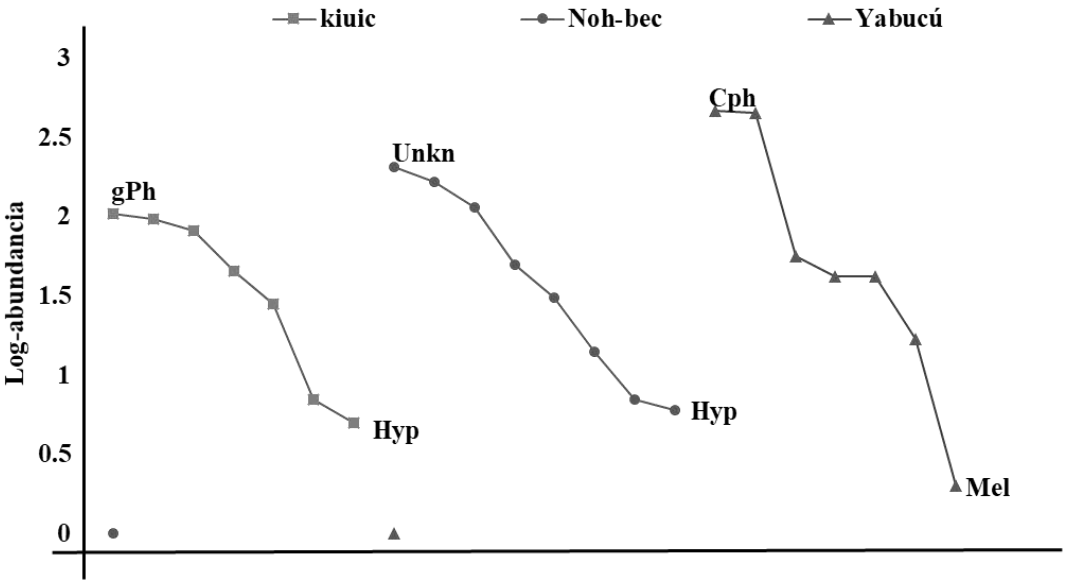


Figura 9. Rango de abundancia de gremios de la familia Ichneumonidae en tres tipos subtipos climático de la Península de Yucatán.

Con respecto a la diversidad alfa el subtipo climático de humedad intermedia (Aw1), Kiuic, fue el más diverso en géneros y gremios, los otros sub tipos tienen una diversidad de parasitoides similar (Cuadro 3). Estos resultados fueron contrarios a lo esperado, porque se esperaba que Noh-bec registrara una mayor riqueza de icneumónidos, debido a la teoría de la complejidad de la estructura de la vegetación explicada anteriormente. Sin embargo, estos resultados pueden explicarse con los valores óptimos para el vuelo y actividad de los parasitoides, rango de temperatura de 29.8 a 34.8 °C y humedad relativa del 71% (González-Moreno *et al*., 2012). Considerando los escenarios climáticos, Kaxil-Kiuic presenta un clima que se puede considerar más estable e idóneo en términos de temperatura y humedad, con una temperatura de 28 °C y HR de 80.63 % en comparación con Yabucú que presenta temperaturas extremas 42 °C y HR 89 % y Noh-Bec 26 °C y HR 74.16, que presenta meses (junio y septiembre) con altos índices de humedad.

Cuadro 3. Diversidad de Simpson de géneros y gremios de Ichneumonidae correspondiente a tres subtipos climáticos de la Península de Yucatán con intervalos de confianza al 95 %.

Sub tipos climáticos	(D)	CI inferior 95%	CI superior 95%
Kiuic (Aw1)	▪ **21.48** ◊ 4.601	**17.6** 4.245	**23.12** 4.883
Noh-bec (Aw2)	▪ **10.82** ◊ 4.103	**9.746** 3.797	**11.8** 4.374
Yabucú (Aw0)	▪ **4.759**	**4.131**	**5.49**

	◊ 2.721	2.594	2.842

▪ Índice de géneros de Ichneumonidae, (◊) Índice de gremios de Ichneumonidae

En términos de similitud de géneros y gremios de icneumónidos, los subtipos climáticos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y poseen un clima muy similar entre sí (Cuadro 4). A pesar que el subtipo (Aw0) Yabucú presentó temperaturas un poco más elevadas en comparación con los otros dos subtipos, los géneros y gremios encontrados fueron muy similar para los tres subtipos climáticos. De tal forma los tres sitios podrían estar albergando comunidades similares de icneumónidos, pero cada sitio favorece la abundancia de algún género en particular.

Lo anterior puede estar generando microhábitats y condiciones ambientales más adversas, al haber un aumentos de temperaturas en comparación con los otros subtipos; estas condiciones podrían estar favoreciendo únicamente a las especies que estén mejor adaptados a condiciones adversas.

Cuadro 4. Similitud en la diversidad de géneros y gremios de Ichneumonidae entre los tres diferentes sub tipos climáticos muestreados de la Península de Yucatán, mediante el índice de Jaccard.

Subtipos climáticos		índice de Jaccard	
		género	gremio
Kiuic (Aw1)	Noh-bec (Aw2)	0.705	0.888
Kiuic (Aw1)	Yabucú (Aw0)	0.693	0.777
Noh-bec (Aw2)	Yabucú (Aw0)	0.673	0.888

2.5.4 Análisis de ordenación de los géneros de la familia Ichneumonidae encontrados en tres subtipos climáticos en la Peninsula de Yucatan y su relación con la temporada de lluvia y seca.

El análisis de correspondencia canónica (CCA) (Figura 10) arrojó diferentes asociaciones de las dos épocas climáticas (lluvias y secas) con la distribución de los géneros de icneumónidos encontrados. Por ejemplo, en lluvias se encontró una baja presencia de los géneros *Acerastes, Melanocryptus, Debilus, Chirotica, Anomalon* y *Tersilochus* con el subtipo climático Aw2 (Noh-Bec); y de *Ophionellus, Pristomerus, Eiphosoma, Netelia, y Ophioninae* con el subtipo climático Aw0 (Yabucú). En secas, se encontró una alta presencia de los géneros *Ateleutina, Endasys, Mallochia, Barycerus, Compsogryptus, Lanugo, Camera* y *Agoracryptus*, con el subtipo climático Aw1.

Estos resultados podrían estar ligados a la mayor presencia de recursos (ciertas especies de plantas y hospederos) necesarios para el desarrollo de los géneros de parasitoides encontrados durante la época de secas y el subtipo Aw1. En forma opuesta, la baja presencia de icneumónidos en lluvias pudiera estas en función que el aumento de la humedad afecte el desarrollo de los parasitoides. Contrario a lo observado en los géneros, los gremios presentaron una estrecha relación con el subtipo climático (Aw2) Noh-bec durante la temporada lluvias, (Figura 11). Lo que podría sugerir que en dicho sitio y temporada climática fue en los que compartieron más recursos.

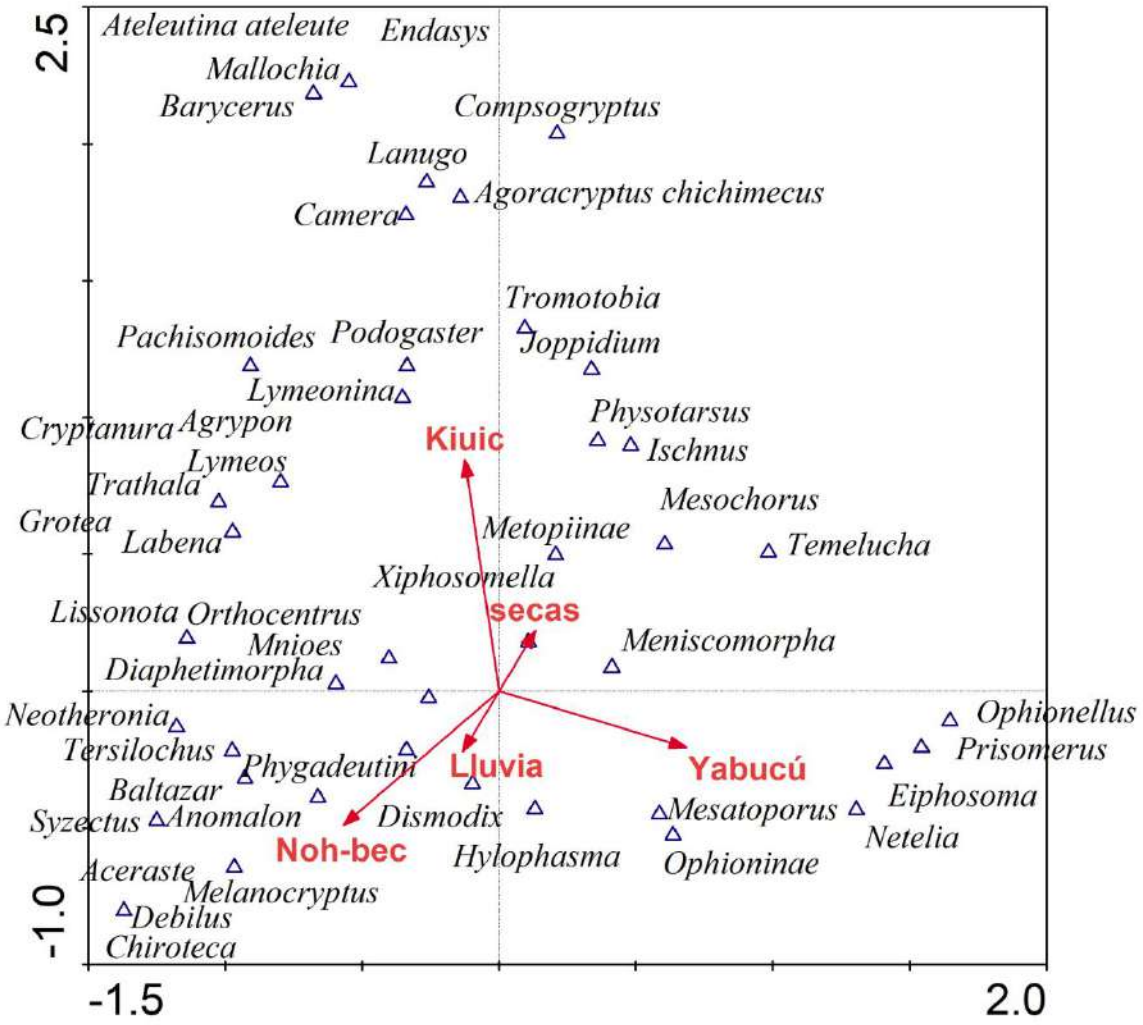
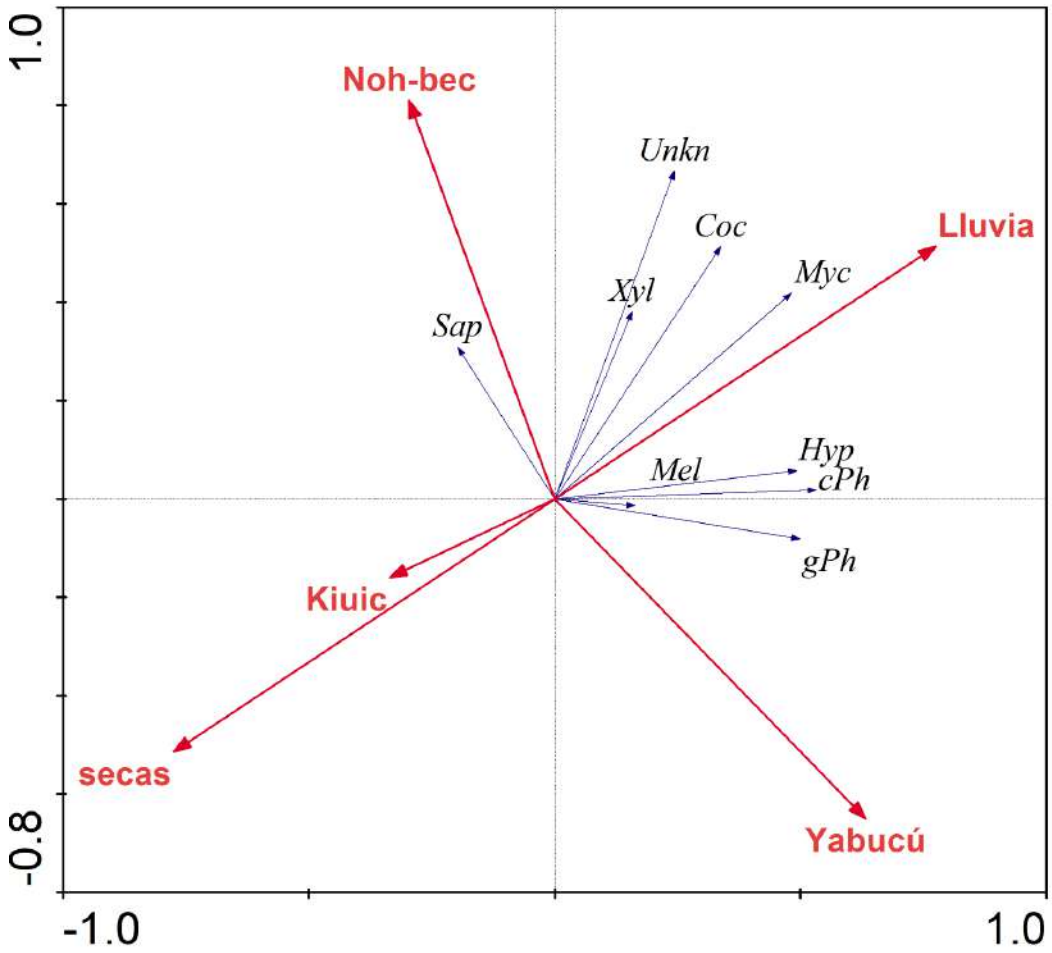


Figura 10. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica (CCA) que ilustra la relación de géneros de Ichneumonidae muestreados durante dos épocas climáticas, lluvia y secas en tres diferentes subtipos climáticos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatan.



Unkn (Hospedero desconocidos) Coc (parasitoide de capullo y pupa) Xyl (Parasitoides de larvas xilófagas) Sap (parasitoides de larvas saprófagas) Mel (parasitoide de larva melitofaga) gPh (parasitoide de larvas fitófagas) cPh (parasitoides de larvas fitófagas ocultas) Myc (parasitoide de larva micofaga).

Figura 11. Diagrama de dispersión de análisis de redundancia (RDA) que ilustra la relación de gremios de Ichneumonidae muestreados durante dos épocas climáticas lluvia y secas en tres diferentes subtipos climáticos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatan.

2.5.5 Análisis de componentes principales de variables climáticas en géneros de Ichneumonidae

El análisis de los componentes principales (PCA) se realizó usando cinco variables climáticas por cada sitio muestreado, de los cuales se formaron cinco componentes con un valor propio mayor a > 1 explicando el porcentaje de variación. Para el subtipo climático (Aw1) Kiuic, se formó un CP 1, explicando el 84.12 % de variación total de datos originales, donde las tres variables con mayor peso fueron: temperatura media (0.983), temperatura máxima (0.978) y el índice de humedad (-0.974). El segundo subtipo climático (Aw2) Noh-bec se conformó de dos CP, el CP1 aporta el 62.5% de variación de datos originales, en él se incluyen tres variables de mayor peso: precipitación (0.956), temperatura mínima (0.931) y el índice de humedad (0.911); en tanto el CP 2 aporta el 20.06% de la varianza, incluyendo una variable de peso mayor como la temperatura máxima (0.992). Con respecto al tercer subtipo climático (Aw0) Yabucú se formaron dos CP, donde el CP1 explica el 72.32 % de variación de los datos originales, incluyendo tres variables de peso: precipitación (0.993), temperatura mínima (0.965) e índice de humedad (0.960); por otro lado, el CP2 explica el 24.94 % de la variación de los datos originales, incluyendo una variable de peso como la temperatura media (0.995) (Tabla 1).

Tabla 1. Varianza explicada por cinco componentes principales derivados de cinco variables climáticas de tres subtipos (Aw1) Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Península de Yucatán, y el peso de las variables originales en cada componente de los géneros de Ichneumonidae.

Análisis de componentes principales (PCA)					
	(Aw1) Kiuic	(Aw2) Noh-bec		(Aw0) Yabucú	
Componentes	1	1	2	1	2
Valor propio	4.206	3.225	1.003	3.6156	1.247
Porcentaje de varianza %	84.125	64.505	20.069	72.320	24.946
Porcentaje de variación acumulada%	84.125	64.500	84.575	72.320	97.266
Correlaciones con la variable original					
Índice de humedad	-0.974	0.911	-0.130	0.960	-0.206
Temperatura-máxima	0.978	-0.036	0.992	-0.741	0.658
Temperatura-media	0.983	0.771	0.103	0.015	0.995
Temperatura-mínima	0.622	0.931	-0.075	0.965	0.056
Precipitación	-0.974	0.956	0.051	0.993	-0.083

Al analizar los coeficientes de mayor valor (peso) dentro de la ecuación que representa la relación lineal entre las cinco variables de cada subtipo climático muestreado, es claro que los mayores pesos se encontraron el subtipo (Aw1) Kiuic en las variables de temperatura media, temperatura máxima e índice de humedad, con los valores 0.983, 0.978, y -0.974, respectivamente. Para el subtipo (Aw2) en el que se formaron dos CP, la variable de mayor peso fue la temperatura máxima (0.992) en el CP2. En cuanto al subtipo (Aw0) Yabucú, en el que de igual forma se obtuvo dos CP, la variable de mayor peso se encontró en el CP2, con temperatura máxima y con valor de 0.995.

Tabla 2. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw1) Kaxil-kiuic.

Variable dependiente	Parámetro de Modelo	B	Sr ²	Adj R^2
Abundancia	PC1*	41. 167	-0.603	0.204
Riqueza	PC1	18.667	-0.594	0.191
Diversidad	PC1	12.958	-0.453	0.007
Similitud	PC1	0.286	0.195	-0.203

El resumen de regresión entre los indices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud derivados del subtipo climático (Aw1) Kaxil-Kiuic, presentó una asociación negativa entre el componente formado y la abundancia de los géneros de ichneumonidos, de tal forma que las condiciones climáticas de este sitio pudiera no ser tan favorables para el desarrollo y reproducción de los géneros de Ichneumonidae, como las que se pudieran encontrar en los otros dos sitios de muestreos (Aw0 Yabucú y Aw2 Noh-bec) (tabla 2). Esto se ve claramente en que el menor número de individuos (300), se presentó en Kaxil-Kiuic con relación a los 682 individuos encontrados en Yabucú y los 631 de Noh-Bec.

Con respecto a los resultados entre los 4 índices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud derivados del subtipo climático Aw2, Noh-bec (tabla 3), se formaron dos componentes principales para las cuatro variables dependientes, en donde se observó que en el CP1 de la abundancia, la riqueza y diversidad presentan una correlación con los diferentes subtipos climáticos, dicho resultado se debe a que este sitio presenta un clima y vegetación más favorable para encontrar más hospederos disponibles, de tal modo que los géneros de Ichneumonidae encontrados en este sitio tienen una mayor probabilidad de éxito.

Tabla 3. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw2) Noh- Bec.

Variable dependiente	**Parámetro de Modelo**	**B**	**Sr ²**	**Adj R^2**
Abundancia	PC1*	106.000	0.738	0.346
	PC2	-26.601	-0.518	
Riqueza	PC1*	16.333	0.691	0.352
	PC2	-4.423	-0.630	
Diversidad	PC1*	4.429	0.752	0.297
	PC2	-0.753	-0.249	
Similitud	PC1	0.493	0.150	-0.621
	PC2	0.017	-0.071	

Los 4 indices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud derivados del subtipo climático Aw0 Yabucú (tabla 4), de los que se formaron dos componentes principales para las cuatro variables dependientes, se observó que en el CP1 de la abundancia y la diversidad presentan una correlación con los diferentes subtipos climáticos, de tal manera que estos resultados se presentan debido a que estés sitio tiene un clima con temperaturas más altas que los dos sitios antes mencionados, cualquier modificación en el clima se ve afectada la diversidad y abundancia de los géneros de icneumónidos. Por lo que los parasitoides más adaptados podrán sobrevivir.

Tabla 4. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de géneros de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw0) Yabucú.

Variable dependiente	Parámetro de Modelo	B	Sr ²	Adj R^2
Abundancia	PC1*	105.833	0.831	0.491
	PC2	8.425	0.212	
Riqueza	PC1	15.000	0.935	0.797
	PC2	-1.381	-.410	
Diversidad	PC1*	8.044	0.987	0.965
	PC2	1.791	0.943	
Similitud	PC1	0.341	0.315	-0.106
	PC2	0.120	0.533	

De los 4 índices Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de géneros de Ichneumonidae, se observa que los que presentaron una correlación con los diferentes subtipos climáticos fue el índice de abundancia.

2.5.6 Análisis de componentes principales de variables climáticas en gremios de Ichneumonidae

Para el análisis de componentes principales (PCA) de los gremios de Ichneumonidae, se utilizaron cinco variables ambientales, de lo que se formaron cuatro componentes con un valor propio mayor a > 1. Explicando el porcentaje de variación. Para el subtipo climático (Aw1) Kiuic se formó un CP, explicando 84.640 % de varianza total de datos originales, donde las cuatro variables con mayor peso se presentaron en temperatura media (0.987), temperatura máxima (0.977), precipitación (-0.972) e índice de humedad con (-0.971). Para Noh-bec (Aw2), de igual manera se formó un CP, el que se explica el 73.18 % de la varianza de los datos originales, incluyendo tres variables de mayor influencia como la precipitación (0.949), temperatura media (0.944) y temperatura mínima (0.933). Con respecto al tercer subtipo

climático (Aw0) Yabucú se formaron dos CP. El CP1 explicó el 76.23 % de varianza de los datos originales, en el que las 3 variables de mayor fueron: Precipitación (0.979), temperatura mínima (0.988) e índice de humedad (0.938). El CP2 explica 22. 70 % de varianza de los datos originales. Incluyendo una variable de peso como la temperatura media (0.996). Cabe señalar que este sitio presente las mismas variables de peso, y los valores muy similares a los presentados en los resultados en los géneros de Ichneumonidae.

De tal forma que los coeficientes de mayor peso dentro de la ecuación que representa la relación línea entre las 4 variables obtenidas por los gremios de parasitoides de cada subtipo, indican que de las 5 variables precipitación, temperatura y humedad fueron las que registraron alto peso (valor) (Tabla 5).

Tabla 5. Varianza explicada por cinco componentes principales derivados de cinco variables climáticas de tres subtipos climáticos (Aw1) Kaxil-Kiuic, (Aw2) Noh-bec y (Aw0) Yabucú de la Peninsula de Yucatán, y el peso de las variables originales en cada componente de los gremios de Ichneumonidae.

Análisis de componentes principales (PCA)				
	(Aw1) Kiuic	(Aw2) Noh-bec	(Aw0)Yabucú	
Componentes	1	1	1	2
Valor propio	4.232	3.659	3.812	1.135
Porcentaje de varianza %	84.640	73.186	76.232	22.706
Porcentaje de variación acumulada%	84.640	73.186	76.232	98.938
Correlaciones con la variable original				
Índice de humedad	-0.971	0.899	0.938	-0.324
Temperatura-máxima	0.977	0.433	-0.794	0.594
Temperatura-media	0.987	0.944	-0.070	0.996
Temperatura-mínima	0.644	0.933	0.988	0.113
Precipitación	-0.972	0.949	0.979	-0.184

El análisis de las relaciones entre los indices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud con el subtipo climático (Aw1) Kiuic, se formó un componente principal en el que no se observa correlación con las variables dependientes de los gremios utilizados para ichneumonidos y el subtipo climático (Tabla 6).

Tabla 6. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw1) Kaxil-Kiuic.

Variable dependiente	**Parámetro de Modelo**	**B**	**Sr ²**	**Adj R^2**
Abundancia	PC1	54.00	-0.051	-0.247
Riqueza	PC1	5.167	-0.449	0.002
Diversidad	PC1	1.868	-0.358	-0.090
Similitud	PC1	0.812	-0.406	-0.044

Los indices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud con el subtipo climático Aw2, Noh-bec (Tabla 7), formaron dos componente principales en los cuales la riqueza y diversidad tiene fuerte correlación con el subtipo climático representado para el sitio de Noh-bec (Sr 6.167 y 1.633) de dicho resultado es debido es un sitio en el cual se puede encontrar un clima más favorable para encontrar más hospederos disponibles para los parasitoides.

Tabla 7. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw2) Noh- Bec.

Variable dependiente	Parámetro de Modelo	B	Sr ²	Adj R^2
Abundancia	PC1	98.500	0.676	0.322
Riqueza	PC1*	6.167	0.940	0.854
Diversidad	PC1*	1.633	0.946	0.870
Similitud	PC1	0.618	0.794	0.538

Por otro lado los resultado generados entre los indices de abundancia, riqueza, diversidad y similitud con el subtipo climático Aw0 Yabucú (Tabla 8) se observar dos componentes principales en los que de igual manera la abundancia y riqueza, presentan altos valores de Sr^2, en relación con las condiciones climáticas de dicho subtipo en los que pudiera influir ante cualquier cambio.

Tabla 8. Resumen de los procedimientos de regresión para predecir índices de Abundancia, Riqueza, Diversidad y Similitud de gremios de Ichneumonidae a partir de componentes principales derivados del sub tipo climático (Aw0) Yabucú

Variable dependiente	Parámetro de Modelo	B	Sr ²	Adj R^2
Abundancia	PC1*	157.667	0.863	0.650
	PC2	-54.524	-0.675	
Riqueza	PC1*	5.00	0.929	0.804
	PC2	-1.381	-0.410	
Diversidad	PC1	2.435	0.366	0.584
	PC2	1.651	0.861	
Similitud	PC1	0.531	0.666	0.591
	PC2	0.212	0.834	

2.6 CONCLUSIÓN

Los tres sitios estudiados demuestran un aumento en la temperatura y humedad, con valores máximos de 38 °C para Noh-bec, 45 °C para Kaxil-Kiuic y 46 °C para Yabucú. En cuanto a los índices de humedad se observó que el sitio Aw2 (Noh-bec) presentó un mayor número de meses húmedos, siendo septiembre el mes de mayor humedad para los tres sitios, en cuanto al subtipo Aw0 (Yabucú) y Aw1 (Kaxil-Kiuic) no presentaron gran diferencia con respecto a la humedad de los meses muestreados.

En los diferentes sub tipos climáticos estudiados en la Península de Yucatán, es suficiente utilizar 3 trampas Malaise para tener el 80% de la riqueza de géneros para los sitios durante 6 meses.

No hubo diferencias en el número de géneros encontrados en los tres subtipos climáticos, pero si se encontraron diferencias en la composición de las comunidades y en los géneros y gremios dominantes para los tres subtipos climáticos, sugiriendo comunidades de parasitoides particulares para cada sitio.

Las comunidades del subtipo climático más árido están dominadas por un sólo género de parasitoides, *Eiphosoma*, característico de ambientes secos y son especies potenciales para controlar plagas de fitófagos ocultos. Los otros sitios de Kaxil-Kiuic (Aw1) y Noh-bec (Aw2) que corresponden a los subtipos climáticos más húmedos, presentaron comunidades similares de parasitoides, siendo la más diversa en el sitio de Kaxil-Kiuic que presenta un escenario climático intermedio en términos de temperatura y humedad.

Los géneros de icneumónidos prestan una relación en el subtipo climático (Aw1) Kaxil-Kiuic, durante la época de seca. En cuanto a los gremios de cada sitio, se observó una estrecha

relación con época de lluvias con el subtipo (Aw2), según el análisis de correspondencia canónica (CCA).

Con respectos al análisis de componentes principales (PCA), los géneros de icneumónidos de los tres subtipos presentaron altos valores relacionados con las variables de precipitación, temperatura y humedad. De igual forma los coeficientes de mayor peso dentro de los gremios de parasitoides de cada subtipo, indican que las variables precipitación, temperatura y humedad fueron las que registraron alto peso (valor).

2.7 Literatura citada

Amiri, A., A. A. Talebi, A. A. Zamani, and K. Kamali. 2010.Effect of temperature on demographic parameters of thehawthorn red midget moth, Phyllonorycter corylifoliella,on apple. J. Insect Conserv. 10: 1D12.

Bautista, F., Bautista-Hernández. D. A., Álvarez-Arriaga, O y de la Rosa, D. 2013. Software to identified climate change trends at the local level: a study case in Yucatán, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 19: 81-90.

Bechev, D. 1986. Sciophila rufa Meigen (Diptera, Mycetophilidae) as a host for Orthocentrus stigmaticus Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae). Acta Zoologica Bulgarica 32: 60-61

Beniston, M. 2008. Extreme climatic events and their impacts: examples from the Swiss Alps. En H. F. Díaz, & R. J. Murnane, Climate extremes and society. Cambridge University Press, pp 147-164. New York.

Bezaury-Creel, J.E., J. Fco. Torres, Sébastien Proust, Y. Paiz-Merino y J.M. CantoVergara.2014. Área de Atención Prioritaria Alianza México REDD+, Puuc-Chenes, Yucatán y Campeche. Alianza México REDD+. Formato cartel.

Brito-Castillo, L.F (1994). (Inédito) Manifestación de impacto ambiental del predio Micas Kiuic Venture A.C.

Casanova-Ríos, L. 2011. ¿Que son los parasitoides? Facultad de Estudios Iztacala. Universidad Autónoma de México. pp. 1,2,25.

Chown, S. L. & S. W. Nicholson. 2004. Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns. Oxford Press, New York.

Colwell, 2009. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 8.20. http:// www.purl.oclc.org/estimates.

Delgado, C., Bautista, F., Orellana, R. y Reyes, H. 2011. Classification and agroclimatic zoning using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yucatán, Mexico. Investigaciones geográficas, Bolet Superiores Iín del Instituto de Geografía, UNAM. 75: 51-60.

Dortel. E, Thuiller W, Lobo J.M, Bohbot H, Lumaret J.P y Jay-Robert P. 2013. Potential effects of climate change on the distribution of Scarabaeidae dung beetles in Western Europe. Journal of insect conservation.

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

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

Garbarczyk, H. & Sawoniewicz, J. (1984) Classification of parasitoidsinto guilds associated with different host groups. Ekologia 261–polska, 32, 270.

Garibaldi, A. y J. Paritsis. 2012. Cambio climático e insectos herbívoros. Laboratorio Ecotono, Instituto de Investigación en Biodiversidad y Medio Ambiente, Universidad del Comahue - Conitec. Vol. (22): 45-48

García. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen serie Libros núm. 6, 5ª. Ed., Instituto de geografía, UNAM, México.

Gauld, I. D. 1991. The Ichneumonidae of Costa Rica, 1. Introduction, keys to subfamilies, and keys to the species of the lower pimpliform subfamilies Rhyssinae, Poemeniinae, Acaenitinae and Cylloceriinae. Memoirs of the American Entomological Institute 47:1–589.

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., Ugalde, J.A. & Hanson, P. (1998) Guía de los Pimplinae de Costa Rica (Hymenoptera: Ichneumonidae). Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 46, 1–189.

Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids. Behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 473 pp.

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., Bordera. S. & Sääksjärvi, I. 2015. Description of three new species of Labena Cresson from Mexico (Hymenoptera, Ichneumonidae, Labeninae), with notes on tropical species richness. Zootaxa 3948 (3): 573–586. ISSN 1175-5326.

González-Moreno, A. and Bordera, S. 2017. Description of the female of Labena madoricola González-Moreno & Bordera, 2015 (Hymenoptera, Ichneumonidae, Labeninae), with new records of Labena species from Mexico Zootaxa 4338 (1): 182–188.

Gullan, P. J., and P. S. Cranston. 2000. The insects. An out-line of entomology, 2nd ed. Blackwell science, Oxford,United Kingdom

Hawkins, B.A. & Lawton, J.H. 1987. Species Richness for parasitoids of British phytophagous insects. Nature 326: 788-790.

Hawkins, B. A., Shaw, M. R. and R. R Askew. 1992. Relations among assemblage size, host specialization, and climatic variability in North American parasitoid communities. The American Naturalist. 139: 58−79.

Hawkins, B.A., H.V. Cornell, and M.E. Hochberg. 1997. Predators, parasitoids, and pathogens as mortality agents in phytophagous insect populations. Ecology 78:2145-2152

Idris, A. B., & Grafius, E. (1998). Diurnal Flight Activity of Diadegma insulare (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae), in the Field . Environmental Entomology, 27(2), 406–414. doi:10.1093/ee/27.2.406

Herrera-Silveira, J. A., J. Ramírez-Ramírez, y A. Zaldívar-Jiménez. 1998. Overview and Characterization of the hydrology and primary producer Community of selected Coastal Lagoons of Yucatán, México. Aquatic Ecosystem Health and Management Society 1: 353-372

IPCC, 2001, Climate Change 2001, The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Scientific Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge, England, Cambridge University Press.

IPCC, 2013, Climate Change, bases físicas. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I del IPCC. OMM, PNUMA.

Jonaitis, V. and J. Rimsaite, 2002. Fauna of Orthocentrinae (S. S.) (Hymenoptera, Ichneumonidae) in Lituania. Acta Zoologica Lituanica 12(2): 167-179

Lobo D., D. Gabriels, F. Ovalles, F. Santibañez, M. C. Moyano, R. Aguilera, R. Pizarro, C. Sanguesa y N. Urra. 2004. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. CAZALAC- PHI/UNESCO. Caracas, Venezuela.

Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. 255 p.

Mazon, M., S. Bordera, and A. Rodrıguez-Berrıo. 2009. Diurnal ßight activity of Ichneumonidae (Insecta: Hyme-noptera) in Caban˜eros National Park (Spain). J. Nat. Hist.43: 1291D130.

Mazon M., and Bordera S., 2014. Diversity of Ichneumonidae (Insecta: Hymenoptera) in a protected area of Central Spain: What are we protecting. Instituto Jard_ın Botanico de Merida, Universidad de Los Andes, Merida, Venezuela and 2Instituto de Investigaci_on de Biodiversidad CIBIO, Universidad de Alicante, Alicante, Spain 2014.

Peixoto, P., and W. W. Benson. 2009. Daily activity patterns of two co-occurring tropical satyrine butterflies. J. Insect Sci. 9: 1–14.

Peixoto, P., and W. W. Benson. 2009. Daily activity patterns of two co-occurring tropical satyrine butterflies. J. Insect Sci. 9: 1–14.

Ruíz-Cancino, E. 2010. Ichneumonidae (Hymenotera) del Estado de Tamaulipas, México. Serie Avispas parasíticas de plagas y otros insectos N°6.

Ruíz-Cancino, E., Kasparyan, D. R., González-Moreno, A., Khalaim, A. y J. M. Coronado-Blanco. 2014. Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl.85: S385−S391.

Queiroz, J.M. 2002. Distribution, survivorship and mortality sources in immature stages of the neotropical leaf miner Pachyschelus coeruleipennis Kerremans (Coleoptera: Buprestidae). Braz. J. Biol. 62:69-76.

Root RB (1967) The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. Ecological Monographs 37:317-350.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.

Sääksjärvi, I. E., Ruokolainen, K., Tuomisto, H., Haataja, S., Fine, P. V. A., Cárdenas, G., Mesones, I. and V. Targas. 2006. Comparing composition and diversity of parasitoid wasps and plants in an Amazonian rainforest mosaic. Journal of Tropical Ecology, 22: 167–176

Townes, H. 1970. The genera of Ichneumonidae, part 2. Mem Am Entomol Inst 12:1–537

Townes, H.K. (1971) The genera of Ichneumonidae, Part 4. Cremastinae to Diplazontinae. Memoirs of the American Entomo logical Institute, 17, 1–372.

Tylianakis, J. M., A. M. Klein, and T. Tscharntke. 2005. Spa-tiotemporal variation in the diversity of Hymenopteraacross a tropical habitat gradient. Ecology 86: 3296 Ð3302.

Wahl, D .B. and I. D. Gauld, 1998. The cladistics and higher classification of the Pimpliformes (Hymenoptera: Ichneumonidae). Systematic Entomology 23(3): 265-298.