

Diversidad de parasitoides (Hymenoptera) en diferentes estados sucesionales de la selva mediana subcaducifolia

Diversity of parasitoids (Hymenoptera) of different successional stages in a dry semi-deciduous tropical forest

Walther Torres-Cab¹ , Esaú Ruíz-Sánchez² , Gabriel Antonio Lugo García³ , Alejandra González-Moreno^{4*} 

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico S/N C.P. 97345, Conkal, Yucatán. México.

² Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico S/N C.P. 97345, Conkal, Yucatán. México.

³ Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraqui 81110, Juan Jose Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

⁴ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico S/N C.P. 97345, Conkal, Yucatán. México.

ABSTRACT

This work aimed to compare the diversity of parasitoid families in three successional stages (5, 25 and 60 years), from a dry semideciduous tropical forest in Mexico. It was proposed due to the limited knowledge about their diversity, their high richness and its importance as regulators of phytophages. A total of 10 Malaise traps were placed, from August to December 2016; within each successional stage at the Kaxil-Kiuic Biocultural Ecological Reserve, Mexico. As many as 23,435 specimens of hymenopterans were collected, distributed in 33 families were collected; Braconidae, Diapriidae, Scelionidae and Bethyilidae were the most abundant families. Total estimated richness was calculated, without differences for the different successional stages according to the non-parametric indices, CHAO 1 and ACE, but with highest alpha diversity in the 25-years-old vegetation, which can be explained by the mean disturbance theory. Beta diversity showed high numbers of families shared between the different stages of the vegetation. In conclusion, the high numbers of families found demonstrate the importance of dry semideciduous tropical forest of Yucatan in maintaining parasitoid diversity, specially in intermediate successional stages of dry semi-deciduous tropical forest

Keywords: Richness, Natural enemies; Vegetation age; Neotropical.

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo comparar la diversidad de familias de parasitoides en tres estados sucesionales (5, 25 y 60 años), de una selva mediana subcaducifolia de México. Esto, debido al escaso conocimiento sobre su diversidad, su riqueza de especies y su importancia como reguladores de fitófagos. Se colocaron un total de 10 trampas Malaise, de Agosto a Diciembre 2016; dentro de cada etapa sucesional de la vegetación de la reserva ecológica biocultural Kaxil-Kiuic, México. Se recolectaron 23 435 ejemplares de himenópteros distribuidos en 33 familias, siendo Braconidae, Diapriidae, Scelionidae y Bethyilidae las más abundantes. La riqueza total estimada fue calculada, sin diferencias para los diferentes estados de sucesión, según los intervalos del confianza al

95 % de los índices no paramétricos CHAO 1 y ACE. Pero con una mayor diversidad alfa en la vegetación de 25 años; lo que puede explicarse con la teoría de disturbio medio. La diversidad beta mostró números altos de familias compartidas entre los diferentes estados sucesionales de la vegetación. En conclusión, los números de familias encontradas, demuestra la importancia de la selva mediana subcaducifolia de Yucatán en el mantenimiento de la diversidad de parasitoides, especialmente estados sucesionales intermedios de la selva mediana subcaducifolia.

Palabras clave: Riqueza; Enemigos naturales; Edad de vegetación; Neotropical.

INTRODUCCIÓN

La vertiginosa pérdida de la diversidad ha llevado a que uno de los objetivos de la Agenda 2030 considere análisis detallados del estado actual de la diversidad de seres vivos y los factores que la afectan. La mayoría de estos estudios ha priorizado el conocimiento de plantas y vertebrados, sin considerar a los insectos (Carignan y Villard, 2002), pese a que representan la mayor proporción de la riqueza global de especies (Fernández, 2022). Dentro de estos, adquieren relevancia los parasitoides del orden Hymenoptera, ya que en términos de diversidad, son importantes por su elevado número de especies (Forbes *et al.*, 2018), con 1 107 487 de especies estimadas a nivel mundial, y con poco más de 33,640 especies para el Neotropical (Fernández, 2022).

Además de su importancia en términos de riqueza, los parasitoides son importantes como enemigos naturales de insectos, ya que se desarrollan en su etapa larval dentro o sobre otros artrópodos, frecuentemente fitófagos, a los cuales, matan al final del proceso; por lo que también son importantes económicamente, al poder utilizarse en el control biológico de plagas (Godfray, 1994). Pese a la importancia del grupo, se desconocen los patrones de diversidad, ya que la mayoría de las investigaciones se enfocan a la interacción hospedero-parasitoide o al estudio de diversidad de alguna familia específica, por ejemplo, Braconidae, Chalcididae, Ichneumonidae, entre otras (González-Maldonado, 2020; Ramírez-Ahuja *et al.*, 2020; Serrano-Domínguez *et al.*, 2021;

*Autor para correspondencia: Alejandra González Moreno,

Correo-e: alejandra.gm@conkal.tecnm.mx

Recibido: 9 de junio de 2024

Aceptado: 9 de septiembre de 2024

Publicado: 17 de octubre de 2024

Jacobo-Macías *et al.*, 2022; Villa-Ayala *et al.*, 2022). Particularmente para la Península de Yucatán, se han desarrollado estudios sobre sistemática y diversidad de parasitoides (ej. González-Moreno *et al.*, 2012; 2015a; 2015b; 2018; González-Moreno y Bordera, 2011; 2012; Chan-Canché *et al.*, 2020; Cutis *et al.*, 2022; Flota *et al.*, 2024).

Algunos factores que pueden afectar la diversidad de insectos son la estructura y edad de la vegetación; se ha demostrado la relación inversa entre el estado sucesional del bosque y la diversidad de insectos, principalmente de organismos fitófagos (Díaz-Álvarez *et al.*, 2023). En contraste, otros autores han demostrado que la diversidad de fitófagos es mayor en estados de sucesión avanzada (Byriel *et al.*, 2023; Thomas, 2023). Además de estos resultados contrastantes, hay pocos estudios de cómo la sucesión de la vegetación afecta grandes grupos de insectos, como Diptera e Hymenoptera (Thomas, 2023).

Recientemente, se demostró que la edad de la vegetación, en niveles intermedios de sucesión, favorece una mayor diversidad de especies de parasitoides de la familia de Ichneumonidae, en comparación con selvas de sucesión temprana o con más de 60 años (González-Moreno *et al.*, 2023); no obstante, se desconoce si estos patrones de diversidad que se reflejan a nivel de especie, también se presentan a nivel de familia. Por lo que en este trabajo se analizó la diversidad de familias de parasitoides del Orden Hymenoptera, en tres estados sucesionales de la selva mediana subcaducifolia. Se partió de la hipótesis que a nivel familia, los patrones de riqueza y diversidad asociados a estados sucesionales, se comportarán de manera diferente que a nivel de especie; ya que al analizar altos niveles taxonómicos (ej. familias), la riqueza y diversidad será mayor en la vegetación más vieja, debido a su estructura más compleja, lo que favorece mayor riqueza de fitófagos (Byriel *et al.*, 2023; Thomas, 2023) y por consiguiente de parasitoides; así mismo, se espera que la composición de comunidades sea diferente para cada estado sucesional, principalmente por la familia que domine cada edad de vegetación. Esta información será relevante ya que genera no sólo conocimiento sobre la diversidad de parasitoides del bosque subcaducifolio, sino también, cuál es la composición de familias en cada estado sucesional de los ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la reserva ecológica biocultural Kaxil-Kiuc, localizada en el municipio de Oxkutzcab, Yucatán, entre los paralelos 20° 21' y 19° 58' N y 89° 22' y 89° 46' W a 33 msnm. El clima es cálido-subhúmedo, con lluvias en verano y un período de secas de noviembre a abril, con temperatura media anual de 26.3 °C y una precipitación pluvial media anual con rangos entre 1000 y 1100 mm. La humedad relativa en el mes de marzo es del 66 % y en diciembre de 89 %. Los vientos dominantes proceden del sureste. La flora se clasifica como selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria (Hernández-Stefanoni *et al.*, 2014).

Metodología

En la selva mediana subcaducifolia, se seleccionaron tres parches de vegetación con diferente estado sucesional: 5 a 9 años, 10 a 25 años, más de 60 años; los sitios fueron seleccionados considerando la caracterización estructural y de edad realizada por estudios previos (Hernández-Stefanoni *et al.*, 2014). En cada sitio se colocaron, siguiendo un diseño completamente al azar, 10 trampas Malaise ampliamente utilizadas en programas de monitoreo de parasitoides (Chan-Canché *et al.*, 2020). Las trampas funcionaron ininterrumpidamente durante la temporada de lluvias de agosto a diciembre de 2016, ya que son los meses en los que se han registrado picos de abundancia de parasitoides en la región (González-Moreno y Bordera, 2012; González-Moreno *et al.*, 2015a; González-Moreno *et al.*, 2018), con reposición de los botes colectores cada quince días.

Las muestras recolectadas en alcohol etílico al 70 % fueron llevadas al Laboratorio del Instituto Tecnológico de Conkal, donde fueron procesadas según las técnicas curatoriales convencionales. El material colectado fue identificado y clasificado a nivel de familia utilizando claves taxonómicas de Goulet y Huber (1993) y Gibson *et al.* (1997). Los ejemplares se depositaron en la colección entomológica del Instituto Tecnológico de Conkal.

Análisis de datos

Se realizaron curvas de acumulación, utilizando los estimadores no paramétricos de riqueza de especies el ACE y Chao 1, que consideran la abundancia de las muestras, para determinar el esfuerzo de muestreo (Magurran, 2004). La riqueza de familias de parasitoides entre las diferentes edades de la vegetación fue comparada con un análisis de rarefacción, con el software EcoSim700, con límites de confianza al 95 %. La diferencia en la abundancia de parasitoides entre los sitios se analizó con un análisis de varianza del número de individuos de las familias más abundantes, posteriormente se realizó una prueba de Tukey para determinar diferencias entre las medias de los grupos. De igual forma se analizaron las comunidades de parasitoides entre los diferentes sitios, construyendo curvas de Whittaker. Para calcular la diversidad alfa se utilizó el índice de Simpson, que se basa en el número de taxones dominantes. Para calcular la diversidad beta se hizo un análisis de similitud y se usaron diagramas de Venn para mostrar las especies compartidas entre sitios (Magurran, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 23 435 himenópteros parasitoides, representados por 9 superfamilias: Chalcidoidea, Chryridoidea, Cynipoidea, Ceraphronoidea, Ichneumonoidea, Proctotrupeoidea, Platygastroidea, Vespoidea, y Evanioidea. Las superfamilias más abundantes fueron Ichneumonoidea y Chalcidoidea con 7 422 (31.7 %) y 5 015 (21.4 %) ejemplares, respectivamente. Estos resultados son una sustancial contribución al conocimiento de la diversidad y composición de himenópteros



parasitoides presentes en diferentes edades de vegetación de la selva mediada subcaducifolia. La superfamilia Ichneumonoidea, ha sido reportada comúnmente como abundante en otros estudios (Klopfstein *et al.*, 2019; Chan-Canche *et al.*, 2020; Polaszek y Vilhemsén, 2023), esto se debe a su gran número de especies, además de estar presente en diversos hábitats, por la variedad de estrategias de parasitoidismo y plasticidad que poseen (Quicke, 2015).

Riqueza de familias

La riqueza de familias fue de 33, coincidiendo con el valor estimado de la riqueza, basado en los estimadores no paramétricos Chao 1 (33) y ACE (33), lo que significa que se recolectó el 100 % de la riqueza total estimada para el área. Estos valores se alcanzaron a partir de la colecta seis, que equivale a tres meses de muestreo (Figura 1). El haber alcanzado el 100 % de las familias estimadas para el sitio de estudio, se debe a que con un muestreo extensivo como éste, con 30 trampas Malaise, se recolecte la totalidad de familias del sitio, sin llegar a la totalidad de especies.

Con relación a la riqueza de familias se observó que no existen diferencias en el número de familias de parasitoides de los fragmentos de selva de diferente edad sucesional, de acuerdo con el análisis de rarefacción (Figura 2). El no haber diferencias probablemente se deba a que es altamente probable recolectar a ejemplares representantes de las familias, al ser éste un nivel taxonómico alto. Sin embargo, se recolectaron dos familias más, que las 31 familias registradas para la región (Chan-Canche *et al.*, 2020).

Abundancia de familias

Las familias más abundantes fueron Braconidae, Scelionidae, Bethyidae y Diapriidae (Figura 3), que son especialmente

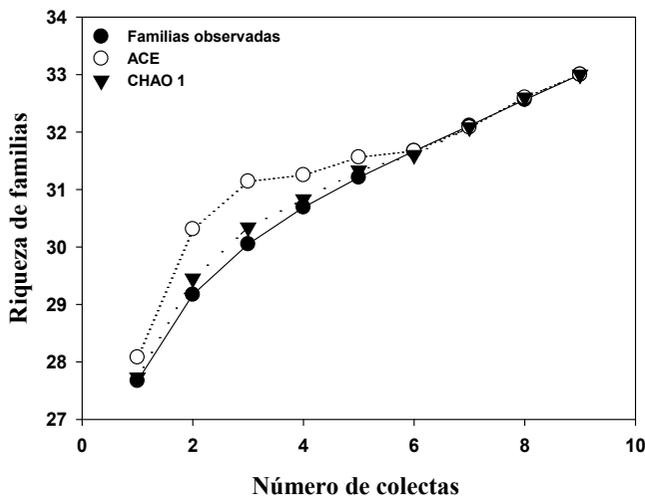


Figura 1. Curva de acumulación de parasitoides (Hymenoptera: Parasitica) en los tres estados sucesionales de la selva mediada subcaducifolia para las familias colectadas con trampas Malaise.

Figure 1. Accumulation curves of parasitoids (Hymenoptera: Parasitica) in the three successional stages of dry semideciduous forest for families collected in the Malaise traps.

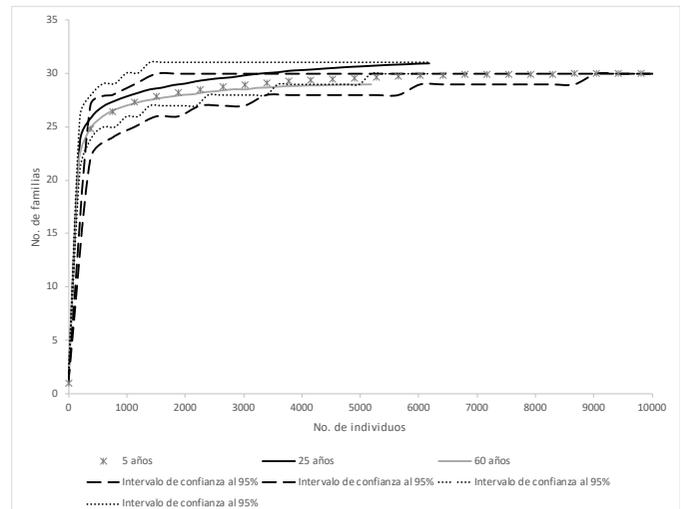


Figura 2. Curva de rarefacción de familias de parasitoides en los tres estados sucesionales de la selva mediada subcaducifolia, el esfuerzo de muestreo estandarizado fue de 5178 individuos.

Figure 2. Rarefaction curve of families of parasitoids in the three successional stages of dry semideciduous tropical forest, the standardized sampling effort which was 5178 individuals.

ricas en especies (Fernández, 2022), lo que aumenta la probabilidad de que sus especies puedan colonizar diferentes tipos de vegetación. Braconidae que destacó por su riqueza y abundancia, es la segunda familia del orden Hymenoptera con mayor riqueza y alberga géneros más grandes, principalmente con distribución cerca del ecuador (Quicke, 2015; Sharkey *et al.*, 2023).

Con respecto a las otras familias más abundantes, también se caracterizan por el alto número de especies conocidas en el Neotrópico, con 3 000, 2 200 y 2 300 especies, respectivamente. Así mismo, Bethyidae es una familia gregaria (Fernández y Sharkey, 2006), por lo que es probable capturar altos números de individuos. Cabe resaltar que el 33 % de los Diapriidae estuvieron en la vegetación de 60 años, probablemente porque se encuentran comúnmente en hábitats húmedos y áreas sombrías (Fernández y Sharkey, 2006), por lo que es probable que una selva con estructura de la vegetación más cerrada sea más atractiva para estos parasitoides.

La mayoría de las familias encontradas fueron más abundantes en la vegetación de 5 años, aunque sólo las familias Chalcididae, Braconidae y Pteromalidae fueron significativamente más abundantes en la vegetación de 5 años que en las otras edades de acuerdo a la comparación de medias (Tabla 1). Las familias Eucharitidae y Eupelmidae fueron más abundantes en un 54 % y 45 %, respectivamente, en la vegetación de 25 años; y en la vegetación de 60 años, la familia, Tanaostigmatidae, fue la única que tuvo el mayor número de individuos (Figura 3). También se registra por primera vez para Yucatán la familia Tetracampidae.

En este trabajo, la vegetación de 5 años fue la que presentó la mayor abundancia de varias familias de parasitoides, con relación a la vegetación de mayor edad. Esto coincide con lo registrado en la literatura, selvas en estados

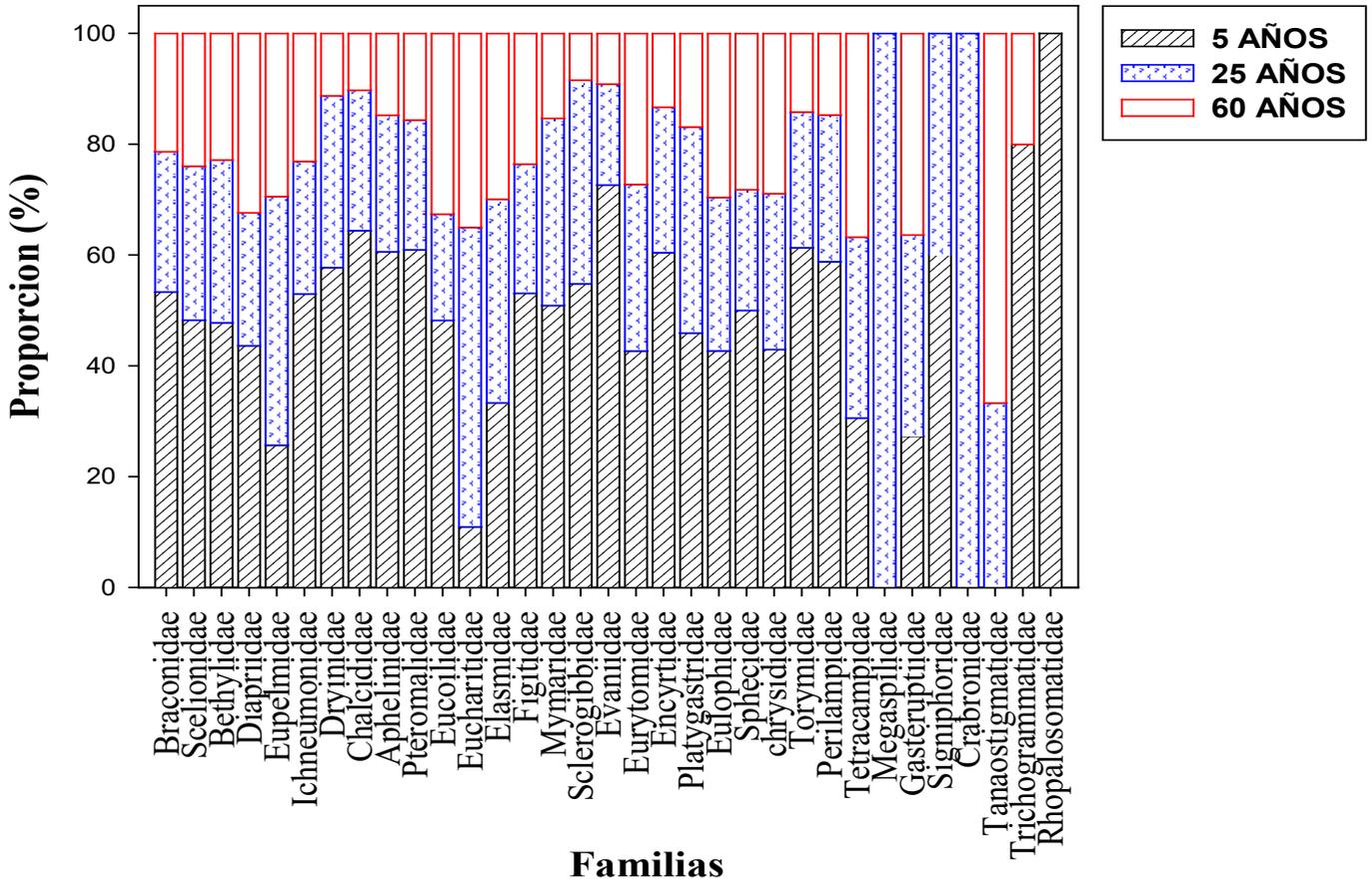


Figura 3. Distribución proporcional de familias de himenópteros parasitoides colectados con trampas Malaise en tres edades de la Selva mediana subcaducifolia.

Figure 3. Relative abundances of hymenopteran parasitoids collected with Malaise traps in three successional stages of dry semi-deciduous tropical forest.

tempranos de sucesión, como los remanentes de 5 años de nuestros sitios, tendrán comunidades de parasitoides con altos valores de abundancia sólo para algunas familias, lo que resulta en comunidades poco diversas (Díaz-Álvarez

et al., 2023; González-Moreno *et al.*, 2023). Otro factor que pudo influir fue el tipo de trampa utilizada, ya que la trampa Malaise tiene una altura de captura que va desde el nivel de suelo hasta los 2 metros, por lo que es probable, que selvas con menor edad, tengan arboles más jóvenes, menos altos, y la altura en la que vuelan los parasitoides buscando sus hospederos, esté dentro del rango de captura de las Malaise, lo cual disminuye su eficiencia de captura en vegetación con mayor sucesión, con una estructura más cerrada y árboles más grandes, donde es probable que los parasitoides vuelen a mayor altura y queden fuera del rango de acción de la trampa. Además de que se ha comprobado que la altura en la que se coloca la Malaise, influye en la captura de algunas familias de parasitoides, tal es el caso de que las trampas colocadas a nivel del suelo favorecen la captura de Bethyidae, Diapriidae e Ichneumonidae (Chan-Canché *et al.*, 2020), que fueron las familias más abundantes en este trabajo.

Tabla 1. Media de la abundancia de las familias con más de 500 individuos recolectados con trampa Malaise en diferentes edades de una selva mediana subcaducifolia, Yucatán, México.

Table 1. Mean abundance of families with 500 or more individuals collected with Malaise traps in dry semi-deciduous tropical forest fragments of different ages, Yucatan, Mexico.

Familias	5-9 años	10-25 años	> 60 años
Hymenoptera	Media		
Braconidae	315.20±0.25a	14.80±0.10 b	126.00±0.11b
Diapriidae	123.40 ±0.60 a	67.80± 0.51b	91.50±0.58 ab
Scelionidae	132.00± 0.80a	76.20± 0.71ab	65.50±0.50 b
Bethylidae	115.20±0.29a	70.90± 0.22ab	55.00±0.19 b
Eupelmidae	27.50± 0.33b	48.10± 0.61a	31.50± 0.55ab
Aphelinidae	47.20±0.57a	19.20± 0.33ab	11.50± 0.28b
Chalcididae	49.60± 0.50a	19.50± 0.32b	7.90± 0.25b
Eucolidae	32.40±0.95 a	19.20±0.44 b	21.90± 0.35ab
Pteromalidae	39.00±0.87 a	15.00±0.83 b	10.00± 0.73b
Dryinidae	36.50±0.79a	19.60± 0.61ab	7.10± 0.55b

Medias ± error estándar, letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$). Mean ± standard error, different literals in the same row indicate significant differences (Tukey $P \leq 0.05$).

Estructura de comunidades

La estructura de comunidades de parasitoides fue similar en las tres edades sucesionales, sin embargo, considerando la pendiente de la curva, la vegetación de 25 años tiene mayor equidad que las otras edades de la vegetación; además cabe resaltar que tanto para la selva de 5 y 25 años, domina la familia, Braconidae; por el contrario en la edad sucesional

de 60 años, además de Braconidae, Diapriidae, Scelionidae y Bethyliidae tienen rangos altos de abundancia (Figura 4).

Diversidad alfa y beta

La diversidad alfa de familias de parasitoides fue mayor en la vegetación de 25 años ($D = 9.31; 8.12, 8.60$), con diferencias significativas, considerando los intervalos de confianza al 95 %, con la diversidad de la de vegetación sucesional de 5 años ($D = 8.35; 8.12, 8.60$) y 60 años ($D = 8.17; 7.88, 8.47$). Estas diferencias encontradas en las diferentes edades de la vegetación, coincide con varios autores que han demostrado que la edad de la vegetación puede afectar de forma positiva las poblaciones de herbívoros (Byriel *et al.*, 2023; Díaz-Álvarez *et al.*, 2023; Thomas, 2023) y dado que los parasitoides son densodependientes de sus hospederos, es de esperarse que también presenten el mismo patrón de afectación.

Con relación a la estructura de comunidades, la pendiente de la curva en la vegetación de 25 años sugiere una mayor equidad dentro de estas comunidades de parasitoides. Estos resultados son reforzados con los índices de diversidad alfa, que fueron más altos en esta vegetación con un estado de sucesión intermedia, comparada con la vegetación de edad temprana (5 años) o de estados sucesionales más avanzados (60 años). Estos resultados pueden explicarse con la Hipótesis de la perturbación media, que explica que la diversidad puede ser mayor en sitios donde la perturbación no es muy frecuente ni muy intensa, comparada con sitios no perturbados o con perturbación intensa (Speight *et al.*, 2008). Se ha observado que los ecosistemas heterogéneos albergan más poblaciones de parasitoides reguladores de poblaciones de insectos fitófagos, pues existe una correlación positiva entre la diversidad de parasitoides y la diversidad vegetal (Wan *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2021; González-Moreno *et al.*, 2023); y la arquitectónica o tipo de inflorescencias de las plantas (Fagundes *et al.*, 2020; Zu *et al.*, 2020).

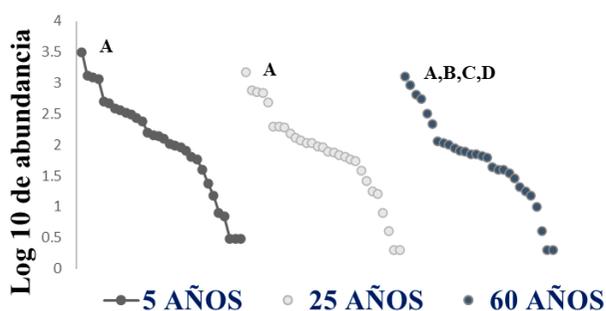


Figura 4. Curvas de rango-abundancia de familias de parasitoides colectadas en tres estados sucesionales de la selva mediana subcaducifolia. Abundancia de las familias fue trazada sobre una escala logarítmica contra el rango de familias ordenadas por la abundancia, de mayor a menor. Los códigos de las familias más abundantes por estado sucesional: **A.** Braconidae, **B.** Diapriidae, **C.** Scelionidae y **D.** Bethyliidae.

Figure 4. Rank–abundance plots of families of parasitoids collected from the three vegetation successional stages in a dry semideciduous forest. A logarithmic scale of abundance was plotted against the species-rank ordered by families, from those with the most abundant individuals to those with the fewest. The codes of families most abundant by successional stage: A. Braconidae, B. Diapriidae, C. Scelionidae y D. Bethyliidae.

La diversidad beta entre las diferentes edades fue baja, los valores de complementariedad alcanzan únicamente el 18% en las tres edades sucesionales, con 27 familias presentes en las tres edades de vegetación. Sin embargo, existieron algunas familias que se colectaron en dos edades de vegetación como fue el caso de Signiphoridae, colectada en 5 y 25 años, Tanaostigmatidae en 25 y 60 años y Trichogrammatidae 60 y 5 años. De la misma manera, se observó que algunas de las familias se colectaron sólo en una edad de vegetación, como es el caso de la familia Rhopalosomatidae que sólo se colectó en la vegetación de 5 años, y las familias Megaspilidae y Crabronidae que se colectaron únicamente en la vegetación de 25 años (Figura 5).

En cuanto a la diversidad beta, los altos números de familias compartidas puede deberse a que la mayor parte de las familias está bien representada en los tres sitios y al ser el taxón de familia un nivel taxonómico alto, no se pueden observar grandes diferencias en los ensamblajes; por lo que, si queremos ver diferencias en la composición de las comunidades es importante identificar los ejemplares a niveles taxonómicos más específicos como géneros y de ser posible a nivel de especie.

Las familias que fueron exclusivas para una edad de la vegetación, probablemente esté reflejando la presencia de sus hospederos, por ejemplo, Rhopalosomatidae encontrada en los fragmentos de 5 años, son ectoparasitoides de ninfas de Gryllidae (Orthoptera). Las familias Megaspilidae y Crabronidae colectadas en la vegetación de 25 años, son familias con un gran número de especies descritas y con amplios rangos hospederos, incluyendo no sólo insectos, sino también arañas (para el caso de Crabronidae), en general atacan diferentes especies de Coccinellidae, neurópteros, pupas de dípteros e hiperparasitoides de braconidos, que fue una de las familias más abundantes. La familia Tanaostigmatidae fue la única que tuvo el mayor número de individuos en la vegetación de 60 años, sin encontrarse en la vegetación de 5 años, esto puede deberse a que varias especies de esta fami-

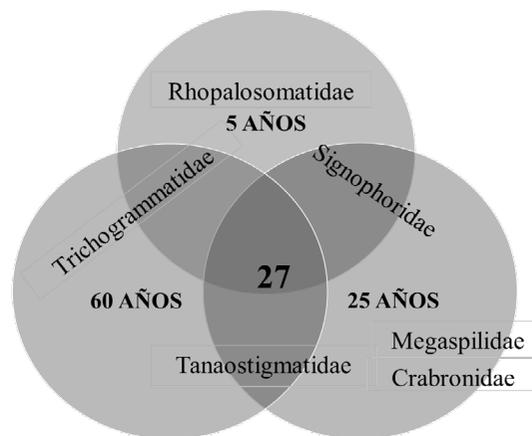


Figura 5. Diagramas de Venn que representan a las familias de parasitoides compartidas espacialmente entre las diferentes edades de la selva mediana subcaducifolia.

Figure 5. Venn diagrams representing spatial shared families of parasitoids between the three successional stages.

lia, no son parasitoides, sino fitófagos formadores de agallas (Goulet y Huber, 1993).

CONCLUSIONES

En conclusión, la riqueza de himenópteros parasitoides en la selva mediana subcaducifolia está integrada por 33 familias, donde la familia Braconidae fue la más abundante. La edad de la vegetación es importante no sólo en términos de abundancia, sino también de diversidad, siendo la vegetación de 5 años, donde se encontró el mayor número de ejemplares de parasitoides y en la vegetación de 25 años se encontraron comunidades más equitativas y diversas de parasitoides. Estos resultados ponen de relieve la importancia biológica de las selvas medianas subcaducifolias de Yucatán como zona de refugio y preservación de parasitoides al albergar un alto número de familias conformando comunidades diversas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al director, James Callaghan y a todo el personal de la Reserva biocultural Kaxil Kiuic; al técnico Santos, por su invaluable ayuda en las colectas. Al Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología por el financiamiento del proyecto "Diversidad de parasitoides y su relación con la complejidad estructural de la vegetación: modelos predictivos a nivel climático y de paisaje" (CB-2014-01, 241138).

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores de este manuscrito hacen constar que no existe ningún conflicto de interés para la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Byriel, D.B., Ro-Poulsen, H., Kepfer-Rojas, S., Hansen, A.K., Hansen, R.R., Justesen, M.J., Kristensen, E., Møller C.B. y Schmidt, I.K. 2023. Contrasting responses of multiple insect taxa to common heathland management regimes and old-growth successional stages. *Biodiversity and Conservation*. 32(2): 545-565.
- Carignan, V. y Villard, M. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*. 78: 45-61.
- Chan-Canché, R., Ballina-Gómez, H., Leirana-Alcocer, J., Bordera, S. y González-Moreno, A. 2020. Sampling of parasitoid Hymenoptera: influence of the height on the ground. *Journal of Hymenoptera Research*. 78: 19-31.
- Cutis, P., Castillo Sánchez, L.E., Canul Solís, J.R., López Coba, E., Ruz Febles, N.M. y Campos-Navarrete, M.J. 2022. Efectos del manejo productivo de un sistema agroforestal en la diversidad de parasitoides asociados (Hymenoptera: Braconidae) en Yucatán, México. *Biotecnia*. 24(2): 155-161.
- Díaz-Álvarez, E.A., Manrique, C., Boege, K. y Del-Val, E. 2023. Changes in Coleopteran assemblages over a successional chronosequence in a Mexican tropical dry forest. *PeerJ*. 11, e15712.
- 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.
- Fernández, F. 2022. On the diversity of Neotropical Hymenoptera. *Caldasia*. 44(3): 502-513.
- Forbes, A.A., Bagley, R.K., Beer, M.A., Hippee, A.C. y Widmayer, H.A. 2018. Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. *BMC Ecology*. 18(1): 1-11.
- Flota, D.L.M., Sánchez, E.R., Moreno, A.G., Moreno, L.L., Jiménez, D.S. y Bañuelos, C.F. 2024. Insectos parasitoides asociados al agroecosistema de maíz criollo en Yucatán. *Avances en investigación agropecuaria*. 28(Especial): 1-14.
- Fagundes, M., Santos, É.M.S., Duarte, K., Santos, L., Vieira, J., Oliveira, C. y Silva, P.S. 2020. Diversity of gall-inducing insect associated with a superhost plant species: plant architecture, resource availability and interspecific interactions. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 21(3): 1182-1189.
- Gibson, G.A.P., Huber, J.T. y Woolley, J.B. 1997. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Research Press. Ottawa, NRC.
- Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids. Behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- González-Maldonado, M.B., Coronado-Blanco, J.M. y Lomelí-Flores, J.R. 2020. Nuevos registros de braconidos (Hymenoptera: Braconidae) parasitoides de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Durango, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 46(2): e8435. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i2.8435>
- González-Moreno, A. y Bordera, S. 2011. New records of Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from México. *Zootaxa*. 2879: 1-21.
- González-Moreno, A. y Bordera, S. 2012. The Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Ría Lagartos Biosphere Reserve, Mexico. *Zootaxa*. 3230: 1-51.
- González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J. y Delfín-González, H. 2012. Diurnal flight behaviour of Ichneumonoidea (Insecta: Hymenoptera) related to environmental factors in a tropical dryforest. *Environmental Entomology*. 41: 587-593.
- González-Moreno, A., Bordera, S. y Delfín-González, H. 2015a. Spatio-temporal diversity of Cryptinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) assemblages in a protected area of southeast Mexico. *Journal of Insect Conservation*. 19: 1153-1161.
- González-Moreno, A., Bordera, S. y Sääksjärvi, I.E. 2015b. Description of three new species of *Labena* Cresson from Mexico (Hymenoptera, Ichneumonidae, Labeninae), with notes on tropical species richness. *Zootaxa*. 3948: 573-586.
- González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J., Delfín-González, H., y Ballina-Gómez, H.S. 2018. 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*. 108(5): 602-615.
- González-Moreno, A., Bordera, S., Ballina-Gómez, H. y Leirana-Alcocer, J. 2023. Age matters: variations in parasitoid diversity along a successional gradient in a dry semi-deciduous tropical forest. *Bulletin of Entomological Research*. 113: 604-614.



- Goulet, H. y Huber, J. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Communication Group. Ottawa. Canada.
- Guo, P.F., Wang, M.Q., Orr, M., Li, Y., Chen, J.T., Zhou, Q.S., Staab, M., Fornoff, F., Chen, G.H., Zhang, N.L. Klein, A.M. y Zhu, C. D. 2021. Tree diversity promotes predatory wasps and parasitoids but not pollinator bees in a subtropical experimental forest. *Basic and Applied Ecology*. 53: 134-142.
- Hernández-Stefanoni, J.L., Dupuy, J.M., Johnson, K.D., Birdsey, R., Tun-Dzul, F., Peduzzi, A., Caamal-Sosa, J.P., Sánchez-Santos, G. y López-Merlín, D. 2014. Improving species diversity and biomass estimates of tropical dry forests using airborne LiDAR. *Remote Sensing*. 4741-4763.
- Jacobo-Macías, E.R., Robles-Bermúdez, A., Cambero-Campos, O.J., Coronado-Blanco, J.M., Isiordia-Aquino, N., Ruíz-Cancino, E. y Robles-Navarrete, A. P. 2022. Parasitoides himenópteros presentes en especies ambrosiales y descortezadores recolectados de *Persea americana* Mill. (Laurales: Lauraceae), en Nayarit, México. *Acta zoológica mexicana*. 38:1-12.
- Klopfstein, S., Santos, B.F., Shaw, M.R., Alvarado, M., Bennett, A.M., Dal Pos, D., Giannotta, M., Herrera-Florez, A.F., Karlsson, D., Khalaim, A.I., Lima, A.R., Mikó, I., Sääksjärvi, I.E., Shimizu, S., Spasojevic, T., van Noort, S., Vilhelmsen, L. y Broad, G. 2019. Darwin wasps: a new name heralds renewed efforts to unravel the evolutionary history of Ichneumonidae. *Entomological Communications*. 1, ec01006. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec01006>.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Oxford, U.K.
- Polaszek, A., y Vilhelmsen, L. 2023. Biodiversity of hymenopteran parasitoids. *Current Opinion in Insect Science*, 101026.
- Quicke, D.L.J. 2015. *The Braconid and Ichneumonid parasitoid wasps, Biology, systematics, evolution and ecology*. Wiley Blackwell. Oxford, UK.
- Ramírez-Ahuja, M., Garza-González, E. Talamas, Elijah J., Gómez-Govea, M.A., Rodríguez-Pérez, M.A., Zambrano-Robledo, P., Rebollar-Tellez, E. y Rodríguez-Sanchez, I.P. 2020. Parasitoids of Chrysopidae Eggs in Sinaloa Mexico. *Insects*. 11 (12): 849.
- Serrano-Domínguez, A.K., Coronado-Blanco, J.M., Ruíz-Cancino, E., López-Santillán, J.A., Estrada-Drouaillet, B. y Salas-Araiza, M.D. 2021. Parasitoids of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), at Three Localities of the State of Tamaulipas, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 45(4): 907-916.
- Sharkey, M., Athey, K.J., Fernández-Triana, J.L., Pentead-Dias, A.M., Monckton, S.K. y Quicke, D.L. 2023. Key to the New World subfamilies of the family Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Canadian Journal of Arthropod Identification*. 49: 1-43. doi:10.3752/cjai.2023.49.
- Speight, M.R., Hunter, M.D. y Watt, A.D. 2008. *Ecology of Insects. Concepts and applications*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- Thomas, S. C. 2023. *Insects and forest succession*. En: *Forest Entomology and Pathology*. J.D. Allison, T.D. Paine, B. Slippers, M.J. Wingfield (ed.), pp. 205-236. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Villa-Ayala, P., Sánchez-Rivera, G., Rodríguez-Vélez, B. y Castrejón-Ayala, F. 2020. Parasitoides e hiperparasitoides asociados al pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) 1, en el Estado de Morelos, México. *Southwestern Entomologist*. 45(2): 563-566.
- Wan, N.F., Zheng, X.R., Fu, L. W., Kiær, L.P., Zhang, Z., Chaplin-Kramer, R., Dainese, M., Tan, J., Qiu, S.Y., Hu, Y.Q, Tian, W.D., Nie, M., Ju, R.T., Deng, J.Y., Jiang, J.X., Cai, Y.M. y Li, B. 2020. Global synthesis of effects of plant species diversity on trophic groups and interactions. *Nature Plants*. 6(5): 503-510.
- Zhu, P., Zheng, X., Xie, G., Chen, G., Lu, Z. y Gurr, G. 2020. Relevance of the ecological traits of parasitoid wasps and nectariferous plants for conservation biological control: a hybrid meta-analysis. *Pest management science*. 76(5): 1881-1892.