

## Diversidad de *Copestylum* Macquart, 1846 (Diptera: Syrphidae) asociados a cactáceas (Cactaceae Juss, 1789) en descomposición en dos Reservas de la Biosfera de México central

Diversity of *Copestylum* Macquart, 1846 (Diptera, Syrphidae) associated to decaying cacti (Cactaceae Juss, 1789) in two Biosphere Reserves from central Mexico

CITLALIN CANALES-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, ANA PAOLA MARTÍNEZ-FALCÓN<sup>1\*</sup>, ALFREDO RAMÍREZ-HERNÁNDEZ<sup>2</sup>, AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

<sup>2</sup> Consorcio de Investigación, Innovación y Desarrollo para las Zonas Áridas. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

\*apmartinez@cieco.unam.mx

 ANA PAOLA MARTÍNEZ-FALCÓN

 ALFREDO RAMÍREZ-HERNÁNDEZ

 AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA

Recibido: 10/12/2020

Aceptado: 13/01/2021

Publicado: 04/02/2021

### LICENCIA:

Este trabajo se publica bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.



### CÓMO CITAR:

Canales-Rodríguez, C., Martínez-Falcón, A. P., Ramírez-Hernández, A., Ramírez-Bautista, A. (2021). Diversidad de *Copestylum* Macquart, 1846 (Diptera: Syrphidae) asociados a cactáceas (Cactaceae Juss, 1789) en descomposición en dos Reservas de la Biosfera de México central. Cuadernos de Biodiversidad (60), 1-11. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2021.60.01>

## RESUMEN

El conocimiento de la biodiversidad de los sírfidos (Diptera: Syrphidae) en las zonas semiáridas de México, es muy limitado, sobre todo, al relacionado con las cactáceas en descomposición. Este estudio aporta un inventario faunístico de los sírfidos del género *Copestylum* asociados a los tejidos en descomposición de los cactus de matorrales crasicaulales en dos Reservas de la Biosfera, “Barranca de Metztitlán” (RBBM) y “Tehuacán-Cuicatlán” (RBTC), ambas situadas en el centro de México. Se analiza la diversidad y composición de especies de sírfidos en ambas reservas y se documenta la especie de cactus a la que se asocian las larvas de estos dípteros durante la época de lluvias. El método de recolecta fue mediante búsqueda directa de estados inmaduros que se desarrollan en tejidos de cactáceas en descomposición. Se obtuvieron 137 ejemplares de sírfidos pertenecientes a 10 especies entre las dos reservas estudiadas. Los resultados indican que no existen diferencias significativas en la riqueza de especies entre ambas reservas, pero sí hay diferencia al comparar la diversidad de orden  $q_2$ . En la RBBM, la especie dominante fue *Copestylum latum*, mientras que *Copestylum posticum* fue la especie dominante en la RBTC. La especie de cactus determina la segregación de sírfidos en cada reserva. En la RBBM, las especies de sírfidos se asociaron a las especies de cactus *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, mientras que, en la RBTC fueron *Neobuxbaumia mezcalensis*, *Pachycereus hollianus* y *Myrtillocactus geometrizans*.

**Palabras clave:** *Copestylum latum*, *Copestylum posticum*, ecosistemas semiáridos, números de Hill.

## ABSTRACT

Biodiversity knowledge of syrphids (Diptera: Syrphidae) from the semiarid environments of Mexico is still limited; particularly, those associated to the decaying cactus. In this study, we provide an inventory of the syrphid species from two Biosphere Reserves in the semiarid zones of central Mexico. We compare the diversity and species composition of syrphids through both Biosphere Reserves and we documented the host cactus species of syrphids during the rainy season. Larvae were sampled by hand searching on decayed cacti tissues. We recorded a total of 137 individuals of syrphids and 10 species between the two studied Biosphere Reserves. Our results revealed that there are not significant differences in species richness between RBBM and RBTC but there were significant differences in species diversity of order  $q_2$ . We found that *Copestylum latum* was the dominant syrphid at RBBM whereas *Copestylum posticum* was dominant across the RBTC. The cactus species is presumably determining the species segregation of syrphids. In the RBBM, syrphid were associated to the cacti *Isolatocereus dumortieri* and *Myrtillocactus geometrizans*; meanwhile, in the RBTC syrphids were associated to *Neobuxbaumia mezcalensis*, *Pachycereus hollianus* and *Myrtillocactus geometrizans*.

**Key words:** *Copestylum latum*, *Copestylum posticum*, arid ecosystems, Hill's numbers.

## INTRODUCTION

Por su posición geográfica, México es un país que posee una amplia variedad de ecosistemas que albergan una vasta biodiversidad (González-Medrano, 2012). Cerca del 50% del territorio nacional está formado por zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1968). Al contrario de lo que se podría pensar, este tipo de ambientes mantiene una elevada diversidad de especies, entre ellas, un elevado número de endemismos (González-Medrano, 2012). Dentro de la composición de la vegetación que cubre estas zonas áridas, destaca la familia de las cactáceas (Cactaceae Juss, 1789) pues pueden llegar a dominar estos paisajes formando verdaderos bosques de cactus (González-Medrano, 2012). Las cactáceas cumplen un papel crucial en los procesos biológicos que ocurren en las zonas áridas, ya que están asociadas a una amplia variedad taxonómica de flora y fauna. Se sabe que algunas especies de cactus columnares se asocian con plantas nodrizas leñosas para poder desarrollarse durante sus primeras etapas del crecimiento (Octavio-Aguilar *et al.*, 2019). Asimismo, se ha documentado que son capaces de almacenar grandes cantidades de agua y carbón (Pavón *et al.*, 2015). Otro aspecto interesante es el que ocurre durante la época de las lluvias, cuando los cactus absorben agua y la planta llega a la saturación, perdiendo algunos trozos en consecuencia. Estos trozos, durante su descomposición, se convierten en refugios efímeros

muy importantes para el desarrollo de una amplia diversidad de organismos (Castrezana & Markow, 2001), dentro de los que destacan por su riqueza y abundancia, los dípteros sírfidos (Martínez-Falcón, 2011; Martínez-Falcón *et al.*, 2017) y coleópteros (Rosano-Hinojosa *et al.*, 2019), entre otros.

La familia Syrphidae (Diptera), es un grupo taxonómico altamente diverso, con más de 6000 especies descritas a nivel mundial (Gutiérrez *et al.*, 2005). Para México, se estima un total de 58 géneros con 331 especies (Sarmiento-Cordero *et al.*, 2010). Los sírfidos cumplen un importante papel en los ecosistemas, ya que, en estado adulto, muchas especies son polinizadores muy eficientes y las larvas de aproximadamente la tercera parte de sus especies, son depredadoras y ejercen un papel muy importante en el control de algunas plagas agrícolas y forestales (Irshad, 2014). Presentan una gran variedad de formas, colores y tamaños, asemejándose en muchas ocasiones a las abejas, avispas o abejorros con los que se mimetizan frecuentemente (mimetismo batesiano). Además, muchas especies dependen de medios acuosos o semiacuosos para el desarrollo de sus larvas, siendo capaces de colonizar cualquier tipo de microhábitat con presencia de agua, en donde cumplen el rol de filtradores o se encargan del reciclaje de los nutrientes encontrados en la materia orgánica en descomposición (Thompson & Rotheray, 1998; Rotheray *et al.*, 2007; 2009; Ricarte *et al.*, 2012; Marcos-García & Galante, 2013). Los

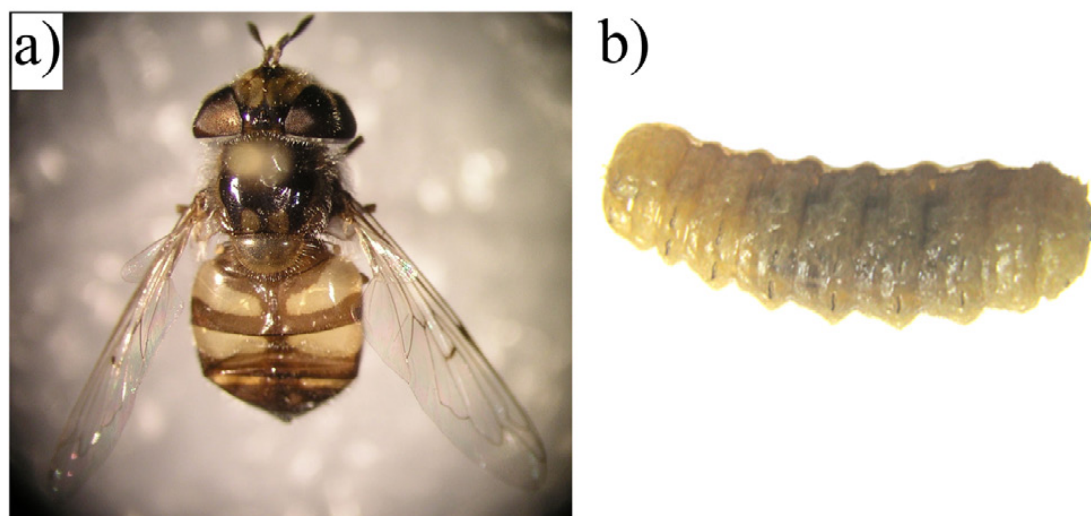


Figura 1. Sírfido del género *Copestylum* a) vista dorsal del imago de *Copestylum tetetzoii* y b) larva sa-prófaga asociada a cactus en descomposición. Fotografía: A.P. Martínez-Falcón.

miembros de esta familia de dípteros se encuentran agrupados en las subfamilias Eristalinae, Microdon-tinae, Pipizinae, Syrphinae (Mengual *et al.*, 2015) siendo Eristalinae la más diversa desde el punto de vista morfológico, biología larvaria y número de especies y géneros (Arcaya & Mengual, 2016).

El género *Copestylum* Macquart, 1846 es uno de los más diversos de la subfamilia Eristalinae y es endémico del Continente Americano (Thompson, 1972; Ricarte *et al.*, 2015). Hasta ahora, se conocen más de 400 especies, siendo México uno de los países con mayor riqueza de especies de este género (Ricarte *et al.*, 2015). Los adultos son florícolas (Figura 1a), mientras que, las larvas son saprófagas (Figura 1b) y se desarrollan en sustratos vegetales muy variados, contribuyendo significativamente a la descomposición de tejidos vegetales, como es el caso de las Cactaceae y Agavaceae, siendo particularmente interesantes las especies cuyas larvas se desarrollan en las cactáceas en descomposición (Rotheray *et al.*, 2009; Martínez-Falcón *et al.*, 2011; 2017), ya que cumplen un rol importante en la degradación de la materia orgánica, contribuyendo significativamente en el reciclaje de nutrientes de las zonas áridas (Martínez *et al.*, 2012; 2017). En consecuencia, los adultos y las larvas de este grupo

taxonómico de insectos participan en diferentes servicios ecosistémicos. Sin embargo, a pesar de la importancia de la acción que sus larvas ejercen en la degradación de tejidos vegetales incrementando así la salud de los suelos de los desiertos, el conocimiento sobre la diversidad de sírfidos asociados a cactus, es aún limitado.

El objetivo de este trabajo se centra en comparar la diversidad y composición de especies de sírfidos cuyas larvas están asociados a cactáceas en descomposición durante la época de lluvias. El estudio se realizó en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (Figura 2a) y la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán (Figura 2b), ambas enclavadas en las zonas áridas del centro de México, donde los paisajes son dominados principalmente por cactáceas columnares. Particularmente, en este estudio, se analizó la riqueza y abundancia de sírfidos, atendiendo a la especie de cactus hospedera. Además, se evaluaron las diferencias en el recambio de especies entre ambas reservas. El estudio de la diversidad de sírfidos asociados a estas cactáceas permitirá mejorar el conocimiento sobre la distribución y preferencias de plantas hospederas de las especies de *Copestylum* de las zonas áridas de México.

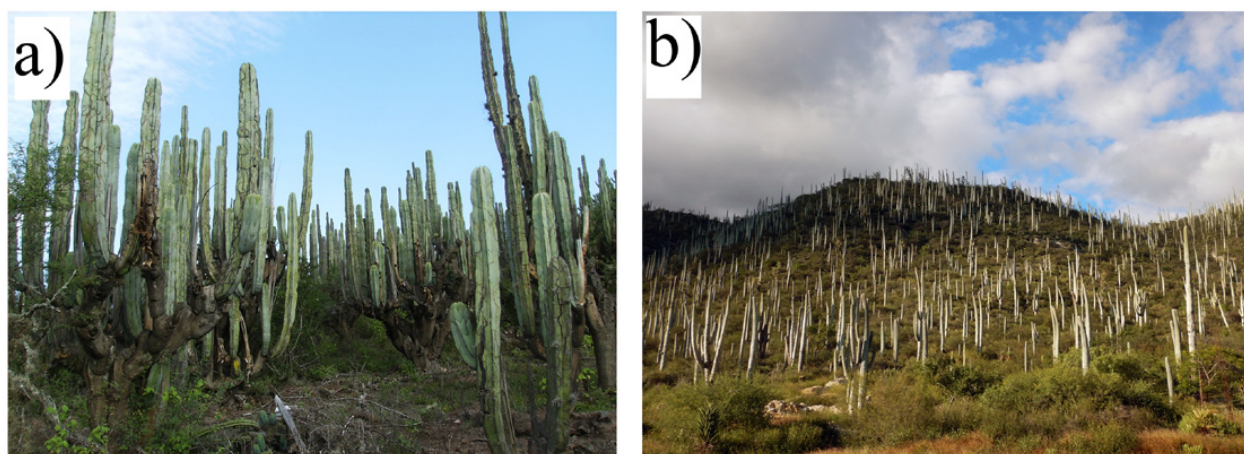


Figura 2. Paisaje dominado por cactáceas columnares en la a) Reserva de la Biosfera “Barranca de Metztitlán” y b) Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, localizadas en el centro de México. Fotografía: A.P. Martínez-Falcón.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

La “Barranca de Metztitlán” (RBBM) fue decretada Reserva de la Biosfera en el año 2000, y se localiza al Este del estado de Hidalgo, México, entre los paralelos 20° 46' y 20° 26' de latitud Norte y 98° 04' y 98° 51' longitud Oeste, con una extensión de 96.042.94 ha. El clima es seco subhúmedo con lluvias en verano (García, 1998). Los meses de mayor precipitación son de junio a octubre (CONANP, 2003; Pavón & Meza-Sánchez; 2009). La precipitación total es de 63 mm para la estación seca y 369 mm para la temporada de lluvias. Presenta una gran diversidad de cactáceas, registrándose 70 especies, entre las cuales se encuentran poblaciones importantes del “viejito endémico” (*Cephalocereus senilis*) o de “candelabros” y “órganos” como *Isolatocereus dumortieri* y de *Myrtillocactus geometrizans*, además de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck, *Cylindropuntia tunicata* Lehm. y una amplia variedad de plantas de las familias Fabaceae, Compositae y Labiaceae, así como Asteraceae (Moreno *et al.*, 2007) (Fig. 2a).

El valle de Tehuacán-Cuicatlán fue decretado Reserva de la Biosfera (RBTC) en 1998, y se enclava entre los estados de Puebla y Oaxaca, ocupando una extensión de 490,186 ha. Se localiza entre los paralelos 17°32'24.00" y 18°52'55.20" de latitud Norte y los meridianos 96°59'24.00" y 97°48' 43.20" de longitud Oeste. Se localiza en la zona de confluencia de la Región Neártica y Neotropical. Presenta una gran variedad de ecosistemas, siendo los áridos y semiáridos los más representativos de esta región (Rzedowsky, 1978). El clima es semicálido, subhúmedo y semiseco con un promedio anual de temperatura de 25°C. El promedio anual de precipitación es de 250 mm y se presenta principalmente de mayo a octubre, con mayores posibilidades de lluvia entre junio y septiembre (Dávila *et al.*, 2002). La RBTC contiene 24 géneros y 82 especies de cactáceas, de las cuales 20 especies son endémicas (Dávila *et al.*, 1993; Arias *et al.*, 1997). Cuenta con los bosques de cactáceas columnares más densos del país, donde destacan “tetechos” (*Neobuxbaumia tetetzo* y *Neobuxbaumia mezcalensis*), *Cephalocereus columna-trajani*, así como *Myrtillocactus geometrizans* (SEMARNAT-CONANP, 2013) (Fig. 2B)

### Diseño del muestreo

En cada una de las reservas, se seleccionó una zona semiárida conservada que estuviera dominada por cactáceas columnares. En la RBBM dominan el paisaje *I. dumortieri* y *M. geometrizans* (CONANP-SEMARNAT, 2003). Mientras que en la RBTC fueron estudiadas las especies *Myrtillocactus geometrizans*, *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Pachycereus hollianus*. El periodo de muestreo en ambas reservas se realizó durante la temporada de lluvias del año 2018, realizándose los muestreos en el mes de agosto en la RBBM y durante el mes de octubre en la RBTC. Los eventos de muestreo se seleccionaron por corresponder a una alta precipitación en ambas reservas, respectivamente.

De acuerdo con el método propuesto por Martínez-Falcón (2011), en ambas reservas se seleccionaron ocho parcelas de 25 m x 4 m separadas entre sí por 500 m para garantizar la máxima independencia entre muestras. En cada una de las parcelas se hicieron búsquedas directas de todas las cactáceas en descomposición disponibles, para cada zona se encontraron aproximadamente 10 segmentos de cactus en descomposición con presencia de larvas de *Copestylum*. Los fragmentos de cactus descompuestos fueron examinados mediante el método de disección, y se realizó la búsqueda directa de larvas de sírfidos en cada muestra de tejido descompuesto. Cabe señalar que las personas recolectoras contaban con experiencia en el muestreo de larvas de sírfidos. Las larvas y parte del tejido descompuesto, fueron llevadas al laboratorio para ser criadas en cámaras de crecimiento. Los adultos emergidos fueron posteriormente fijados y montados para su correcta identificación taxonómica usando la clave de identificación de especies de Martínez-Falcón y Marcos-García (2018), y por comparación directa con ejemplares tipo y de referencia. Los ejemplares determinados fueron depositados en la colección entomológica de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

### Análisis de datos

Se estimó la cobertura de la muestra ( $\hat{C}_n$ ) para evaluar la completitud de los muestreos y corroborar que se haya obtenido un inventario representativo en ambas reservas (Chao & Jost, 2012). Se comparó la diversidad utilizando los números de Hill ( ${}^qD$ ) de

orden  $q_0$  y  $q_2$ . Donde  $q_0$  es la riqueza de especies y no es sensible a las abundancias, mientras que  $q_2$  es el inverso del índice de diversidad de Simpson y da más peso a las especies más abundantes dentro de las muestras. Para estimar la cobertura de la muestra ( $\hat{C}_n$ ) y las diversidades de orden  $q_0$  y  $q_2$  se utilizó iNEXT (Chao *et al.*, 2016). Las especies fueron gráficamente comparadas entre las reservas atendiendo a sus abundancias, utilizando las gráficas de rango/abundancia (Magurran, 2004). Las abundancias fueron transformadas ( $\log_{10}$ ) y graficadas desde la más abundante hasta la menos abundante.

Posteriormente, se calculó el índice de similitud de Jaccard para detectar cambios en la composición de especies entre reservas y el índice de Bray-Curtis para diferenciar entre las abundancias de cada especie presente; estos últimos fueron calculados con el programa EstimateS v9 (Colwell, 2005). Para apreciar la proporción de especies que han sido registradas únicamente en una reserva y el número de especies compartidas entre las dos reservas estudiadas, se elaboraron los diagramas de Venn utilizando el paquete *VennDiagram* con el software R-project para Windows (Chen & Boutros, 2011).

## RESULTADOS

Se recolectó un total de 137 individuos y 10 especies del género *Copestylum* (Eristalinae: Volucellini) (Tabla 1). Se registraron seis especies y 91 individuos en la RBBM, mientras que en la RBTC se registraron ocho especies y 46 individuos. En conjunto, entre ambas reservas se registraron cuatro especies con más de 20 individuos (Tabla 1): *Copestylum latum* (Wiedemann, 1830) (42 individuos), *Copestylum simile* Giglo-Tos, 1892 (26 individuos), *Copestylum posticum* (Say, 1829) (21 individuos) y *Copestylum milae* Marcos & Rotheray, 2009 (20 individuos).

**Tabla 1.** Especies, abundancia y cobertura de la muestra ( $\hat{C}_n$ ) de los sírfidos recolectados en cactáceas en descomposición entre la Reserva de la Biosfera de “Barranca de Metztitlán” (RBBM) y la Reserva de la Biosfera de “Tehuacán-Cuicatlán” (RBTC), localizadas en la zona semiárida del centro de México.

	RBBM	RBTC
Número de especies	6	8
Número de individuos	91	46
$\hat{C}_n$	100%	93%
<i>Copestylum latum</i> (Wiedemann, 1830)	42	0
<i>Copestylum limbipenne</i> Williston, 1887	2	1
<i>Copestylum marginatum</i> (Say, 1829)	0	7
<i>Copestylum mexicanum</i> (Macquart, 1842)	0	3
<i>Copestylum milae</i> Marcos & Rotheray 2009	20	0
<i>Copestylum posticum</i> (Say, 1829)	7	14
<i>Copestylum simile</i> Giglo-Tos, 1892	18	8
<i>Copestylum tetetzoii</i> Marcos, Hancock & Rotheray, 2009	0	11
<i>Copestylum truncatum</i> Marcos, Hancock & Rotheray, 2009	2	1
<i>Copestylum violaceum</i> (Say, 1829)	0	1

Los sírfidos recolectados en la RBBM fueron más abundantes en el cactus *I. durmortieri*, con muy pocos ejemplares recolectados en *M. geometrizzans* (Figura 3). Por su parte, en la RBTC se encontró que los sírfidos recolectados fueron más abundantes en *N. mezcalaensis* seguido por *M. geometrizzans* y *P. hollianus* (Figura 3).

La cobertura de la muestra osciló entre 100 y 93% para la RBBM y RBTC, respectivamente. Con respecto a la diversidad de sírfidos, el solapamiento en los intervalos de confianza indica que no existen diferencias significativas en la diversidad de orden  $q_0$  (Figura 4); en contraste, la ausencia de traslape en los intervalos de confianza indica que existen diferencias significativas en la diversidad del orden  $q_2$ , siendo mayor en la RBTC (Figura 4).

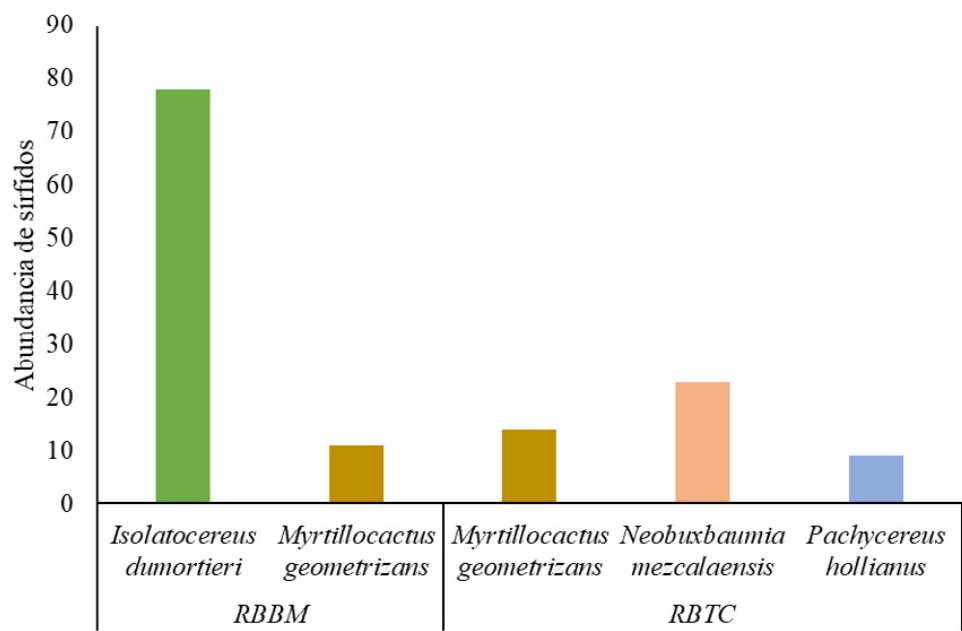


Figura 3. Relación del número de sírfidos recolectados en cada especie de cactus muestreado en la RBBM (Izquierda) y RBTC (Derecha).

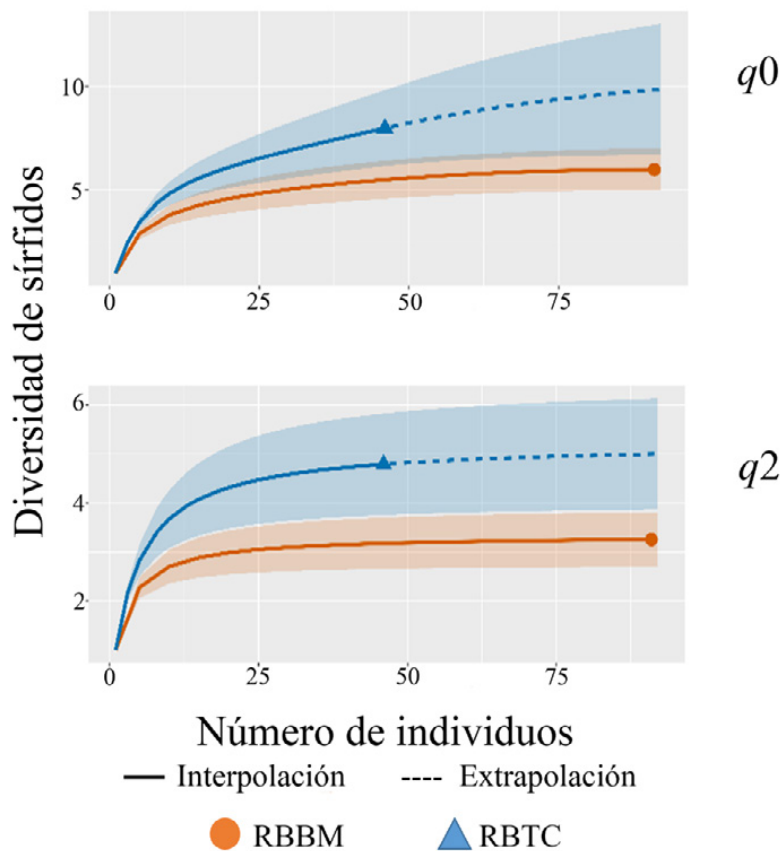


Figura 4. Diversidad de sírfidos atendiendo a los órdenes  $q_0$  y  $q_2$ . La parte sombreada azul y anaranjado indica los intervalos de confianza al 95%.

Los resultados de la diversidad ecológica de orden  $q_2$  están influenciados por la dominancia de las especies. En este sentido, las especies *C. latum* (42 individuos), *C. milae* (20 individuos) y *C. simile* (18 individuos) fueron las más abundantes en la RBBM; mientras que *C. posticum* (14 individuos)

y *Copestylum tetetzoii* Marcos, Hancock & Rotheray, 2009 (11 individuos), lo fueron para la RBTC, aunque con una abundancia tres veces inferior en comparación con la especie dominante en la RBBM (Figura 5).

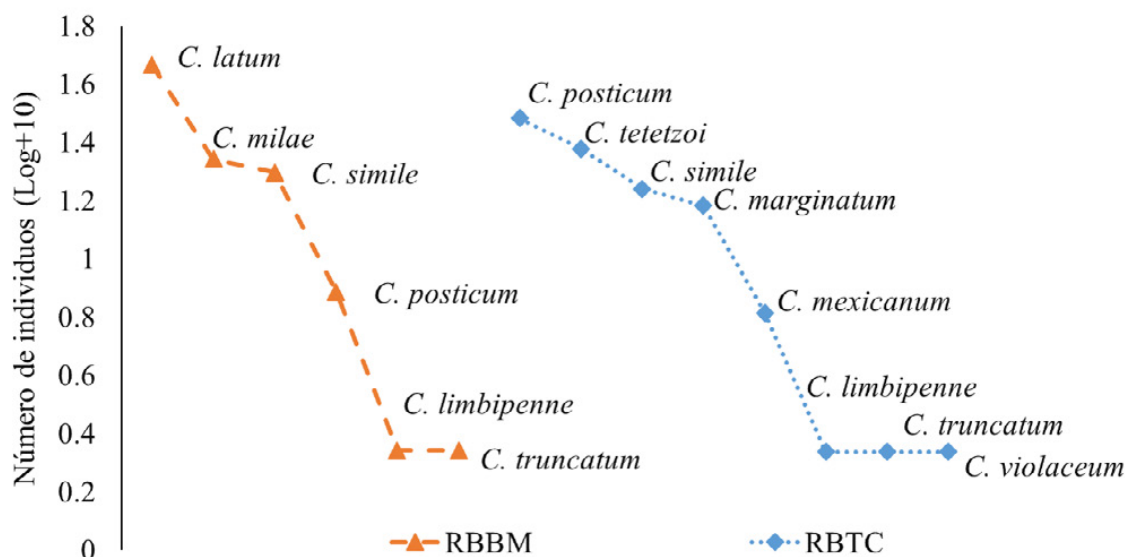


Figura 5. Curva rango-abundancia mostrando las especies recolectadas en cada una de las reservas estudiadas en el centro de México.

El índice de Jaccard arrojó un valor de 0.4, lo que indica una similitud media entre las especies que se encuentran en ambas reservas. En contraste, el índice de Bray-Curtis muestra un valor bajo de 0.24. Entre las reservas RBBM y RBTC se comparten cuatro especies de sírfidos (Figura 5): *C. limbipenne* Williston, 1887, *C. posticum*, *C. simile* y *C. trun-*

*catum* Marcos, Hancock & Rotheray, 2009. En la RBBM encontramos dos especies exclusivas de sírfidos (*C. latum* y *C. milae*), mientras que en la RBTC se registraron cuatro especies exclusivas de sírfidos [*C. marginatum* (Say, 1829), *C. mexicanum* (Macquart, 1842), *C. tetetzoii* y *C. violaceum* (Say, 1829)] (Figura 6).

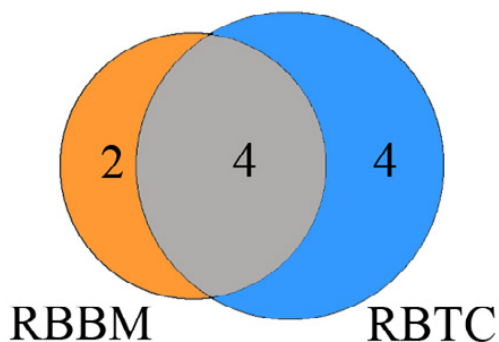


Figura 6. Diagrama de Venn que muestra la proporción de especies de sírfidos exclusivas y compartidas en las Reservas de la Biosfera estudiadas en el centro de México.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio, ponen de manifiesto que no existe una segregación espacial significativa de la diversidad y composición de sírfidos con larvas asociadas a cactáceas en descomposición entre las Reservas de la Biosfera (RBBM *vs.* RBTC) en la zona semiárida del centro de México. En términos generales, no se encontró variación significativa en el número de especies registrada entre reservas (RBBM: 6 especies; RBTC: 8 especies). La ausencia de diferencias en riqueza pueden deberse al bajo número de especies, a pesar de que encontramos una adecuada completitud; probablemente, un muestreo anual podría registrar más especies y diferencias entre reservas. No obstante, cuando se analiza la diversidad de orden  $q_2$ , se observan diferencias significativas, siendo la RBTC la que mayor diversidad exhibe. La sensibilidad del orden de esta diversidad ( $q_2$ ), se debe a que en las comunidades de sírfidos existe un conjunto de especies altamente dominantes en contraste con otro conjunto de especies que han sido registradas con muy pocos individuos (Moreno *et al.*, 2011). Estas diferencias se deben principalmente a las especies que tuvieron registros más comunes con este método de muestreo, que fueron *C. latum* y *C. posticum*. Se trata de dos especies de gran tamaño que han sido reportadas como altamente abundantes durante la época de lluvias para la RBBM (Martínez-Falcón & Marcos-García, 2018), aunque en este estudio, se registró *C. latum* solamente en la RBBM. Por su parte, *C. posticum* si bien se registró en ambas reservas, fue registrada con el doble de abundancia en la RBTC.

Particularmente, en la RBBM, se encontró a *C. latum* y *C. milae* como las especies más abundantes. Se sabe que *C. latum* es una especie que puede estar asociada a varias especies de cactáceas, entre ellas *I. dumortieri* y *M. geometrizzans*; en contraste, *C. milae*, se ha registrado desarrollándose solamente en *I. dumortieri* (Martínez-Falcón & Marcos-García, 2018). Por su parte, en la RBTC, la especie dominante fue *C. posticum* y las especies de plantas hospederas que presentaron más especies de sírfidos fueron *N. mezcalensis* y *M. geometrizzans* (Figura 3). La especie de cactácea *I. dumortieri* fue en la que se encontró la mayor riqueza y abundancia de especies de sírfidos, aunque

también se ha documentado a *M. geometrizzans* como una especie importante en el mantenimiento de esta entomofauna (Martínez-Falcón & Marcos-García, 2018). Probablemente, la preferencia de los sírfidos por esta especie de cactácea como sustrato de oviposición, donde nacerán las larvas que van a desarrollarse en sus tejidos, se debe a su abundancia en la región y a que presenta los tallos más largos y gruesos que el resto de plantas registradas dentro de la reserva, permitiendo que se desarrolle en ellos una compleja sucesión temporal de especies que colonizan estas trozas, acelerando el proceso de descomposición e incorporación de nutrientes al suelo (Martínez-Falcón *et al.*, 2012). Por lo tanto, a pesar de que las cactáceas en descomposición representan un microhábitat aparentemente efímero (Castrezana & Markow, 2001), *I. dumortieri* resulta ser un medio estable y lo suficientemente húmedo que proporciona los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo de las larvas de los sírfidos que ahí habitan (Marcos-García & Pérez-Bañón 2001; Rotheray *et al.*, 2009; Martínez-Falcón *et al.*, 2017).

A pesar de que existen trabajos previos realizados sobre diversos aspectos ecológicos de las especies de *Copestylum* en la RBBM (Martínez-Falcón *et al.*, 2010; 2011), y alguno sobre la taxonomía de este género en la RBTC (Rotheray *et al.*, 2009), este es el primero en el que se realiza un muestreo sistemático y simultáneo entre ambas reservas para comparar las comunidades de *Copestylum* en la misma época del año. Estos resultados revelan que entre ambas reservas, se comparten cuatro especies de sírfidos (*C. limbipenne*, *C. posticum*, *C. simile* y *C. truncatum*) cuya característica es la gran talla corporal que presentan los imagos (Rotheray *et al.*, 2009; Martínez-Falcón, 2011). Es importante, poder hacer en un futuro un muestreo a lo largo del año con recolectas mensuales, para entender la variación estacional y espacial de las poblaciones de sírfidos en estas Reservas de la Biosfera, cuyo primer estudio taxonómico arrojó como resultado nuevas especies para la Ciencia, algunas de ellas sólo conocidas hasta el momento de estas Reservas (Rotheray *et al.*, 2009). También es importante estudiar los sírfidos adultos de ambas reservas, ya que pueden ser polinizadores de varias especies de plantas de las zonas áridas. Cabe destacar, además, que ambas



Reservas se encuentran en el centro de México y que fueron decretadas por su gran diversidad y grado de endemismo de las especies de cactáceas, por lo que el estudio de la entomofauna asociada a éstas, es de suma relevancia, aunque no se encuentran muy separadas geográficamente. Por otra parte, aunque ambas reservas se ubican en una zona intertropical, el matorral de la RBBM tiende a tener mayor cantidad de precipitación que la RBTC (ver Metodología), lo que puede influir en las especies de insectos que en ellas se desarrollan. Evidencia de lo anterior es que la composición de las especies de cactáceas columnares en ambas reservas son diferentes, siendo *M. geometrizans*, la única compartida entre ambas.

Aunque hubo especies de *Copestylum* exclusivas de cada reserva, no descartamos la posibilidad de que al hacer un muestreo anual, se puedan encontrar más especies de *Copestylum*, y que incluso algunas que sólo se encontraron en una reserva puedan hallarse también en la otra al hacer una recolección más exhaustiva y tomando en cuenta la época de sequía y de las lluvias. Esto ya se ha puesto de manifiesto en este estudio, ya que en el trabajo de Martínez-Falcón *et al.* (2011), *C. tetetzoii*, solo fue registrada con muy baja abundancia (solo dos individuos), en época de secas en la RBBM mientras que, en este estudio, esa especie se ha recolectado en época de lluvias en la RBTC con una alta abundancia. Por otra parte, no creemos que la experiencia en la recolecta de las larvas haya influido en los resultados, debido a que los colectores tenían experiencia en el muestreo de larvas de sírfidos, pero en un futuro se puede cuantificar ese posible sesgo. Los resultados de este trabajo deben tomarse con moderación, debido al bajo número de muestras y de recolectas; sin embargo, son una ventana al posible conocimiento que se pueda obtener en estos ecosistemas. En este trabajo, solo encontramos exclusivamente larvas de sírfidos del género *Copestylum*, en las investigaciones de Martínez-Falcón *et al.* (2011; 2012) que fueron realizadas en la RBBM, reportan alta abundancia de este género de larvas, y muy ocasionalmente se encuentran otros géneros, por lo que era de esperarse que este género sea el más común en las cactáceas en descomposición, pero no se descarta que al aumentar el esfuerzo de muestreo se encuentren larvas de otros géneros de sírfidos. Aún hay mucho que descubrir

sobre los factores que modulan los patrones de diversidad y abundancia de las especies de *Copestylum* en ambas Reservas de la Biosfera.

## CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que se comparten algunas especies de sírfidos entre ambas reservas, sin importar que esta entomofauna utilice diferentes especies de cactácea hospedera. Sin embargo, los patrones de abundancia cambian entre ambas reservas. Se requiere un muestreo sistemático de larvas durante todo un ciclo anual para comprender como varían los patrones de abundancia de estos sírfidos entre ambas reservas y constatar si las diferencias se deben a la estacionalidad o algún posible efecto biogeográfico o ambiental de las regiones semiáridas. En estos muestreos podría incluirse también la captura de adultos que nos aportaría una información complementaria sobre la fenología y actividad biológica de los adultos. Esto nos permitiría entender el ciclo biológico completo de estas especies de dípteros, que son importantes tanto por su alta biodiversidad y grado de endemismo en estas dos Reservas de la Biosfera, como por los servicios ecosistémicos que ofrecen en los ecosistemas áridos.

## REFERENCIAS

- Arcaya, E. & Mengual, C. (2016). Nuevos registros de especies de Eristalinae (Diptera: Syrphidae) para Venezuela, con larvas asociadas a cactáceas. *Entomotropica*, 31:14-22.
- Arias Montes, S., Gama López, S. & Guzmán Cruz, L.U. (1997). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cactaceae A. L. Juss.* México: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castrezana, S. & Markow, T.A. (2001). Arthropod diversity in necrotic tissue of three species of columnar cacti (Cactaceae). *Canadian Entomologist*, 133:301-309.
- Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93:2533-2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>.

- Chao, A., Ma, K.H. & Hsieh, T.C. (2016). iNEXT, iNterpolation and EXTrapolation Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/) (Octubre 2019).
- Chen, H., & Boutros, P.C. (2011). VennDiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R. *BMC Bioinformatics* 12:1.
- Colwell, R.K. (2005). Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0 users' guide and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (Octubre 2019).
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2003). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México. p. 10.
- Dávila, P., Arizmendi, M.C., Valiente-Banuet, A., Villaseñor, J., Casas, A. & Lira, R. (2002). Biological diversity in the Tehuacán Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation*, 11:421-442.
- Dávila, P., Villaseñor, J.L., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez-Ken, S. & Tenorio, P. (1993). *Listados Florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. (1998). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Offset Larios. México, D.F.
- González-Medrano, F. (2012). *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. 194 pp.
- Gutiérrez, C., Carrejo, N. & Ruiz, C. (2005). Listado de los géneros de Syrphidae (Diptera: Syrphoidea) de Colombia. *Biota Colombiana*, 6:173-180.
- Irshad, M. (2014). Review: role of syrphids (Diptera: Syrphidae) as biotic agents and pollinators in Pakistan. *Journal of Bioresource Managment*, 1:1-9.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, London.
- Marcos-García, M.A. & Galante, E. (2013). Conservación de los insectos saproxílicos del bosque mediterráneo. (En: Micó- Marcos-García y Galante, eds.). *Los Insectos saproxílicos del Parque Nacional de Cabañeros*. pp:123-139. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio del Medio Ambiente. España.
- Marcos-García, M.A. & Pérez-Bañón, C. (2001). Immature stages of *Copestylum tamaulipanum* and *Copestylum lentum* (Diptera: Syrphidae). *European Journal of Entomology*, 98:375-385.
- Martínez-Falcón, A.P. (2011). *Diversidad y ecología de las especies de Copestylum Macquart 1846 (Diptera: Syrphidae) asociadas a cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México* [tesis doctoral, Universidad de Alicante].
- Martínez-Falcón, A.P. & Marcos-García M.A. (2018). El género *Copestylum* Macquart, 1846 (Diptera, Syrphidae) en la Reserva de la Biosfera "Barranca de Metztitlán", México. *Cuadernos de Biodiversidad*, 55:1-10.
- Martínez-Falcón, A.P., Marcos-García, M. A. & Moreno, C.E. (2011). Temporal shifts and niche overlapping in *Copestylum* (Diptera: Syrphidae) communities reared in cactus species in a central Mexican scrubland. *Ecological Research*, 26:341-350. <https://doi.org/10.1007/s11284-010-0788-x>.
- Martínez-Falcón, A.P., Moreno, C.E. & Marcos-García M.A. (2017). Las relaciones secretas entre cactus, sírfidos y bacterias contribuyen al mantenimiento del ecosistema semiárido mexicano. *Cuadernos de Biodiversidad*, 52:12-17.
- Martínez-Falcón, A.P., Marcos-García, M.A., Moreno, C.E. & Rotheray, G.E. (2012). A critical role for *Copestylum* larvae (Diptera: Syrphidae) in the decomposition of cactus forests. *Journal of Arid Environments*, 78:41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.10.010>.
- Mengual, X., Ståhls, G., Rojo, S. (2015). Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. *Cladistics*, 31:491-508.
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N.P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82:1249-1261.

- Moreno, C.E., Sánchez-Rojas, G., Verdú, J.R., Numa, C., Marcos-García, M.A., Martínez-Falcón, A.P., Galante, E. & Halffter, G. (2007). Biodiversidad en ambientes agropecuarios semiáridos en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, México. *Monografías Tercer Milenio*, 6:97-107.
- Octavio-Aguilar, P., Martínez-Falcón, A.P., Sánchez-González, A., Rojas-Martínez, A., Meerow, W.A., Ramírez-Bautista, A., Ortiz-Pulido, R., Caballero-Cruz, P., Hernández-Rico, G. N. & Berriozabal-Islas, C.S. (2019). Influence of microhabitat on functional attributes of two columnar cacti with different distribution ranges. *Journal of Arid Environments*. doi:10.1016/j.jaridenv.2018.12.003.
- Pavón, N.P., Ayala, C.O., & Martínez-Falcón, A.P. (2015). Water and carbon storage capacity in *Isolatocereus dumortieri* (Cactaceae) in an intertropical semiarid zone in Mexico. *Plant Species Biology*, 31:240–243. doi:10.1111/1442-1984.12102.
- Pavón, N.P. & Meza-Sánchez, M. (2009). *Cambio climático en el estado de Hidalgo: Clasificación y tendencias climáticas*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México. pp 168.
- Ricarte, A., Marcos-García, M.A., Hancock, E.G. & Rotheray, G.E. (2015). Neotropical *Copestylum* Macquart (Diptera: Syrphidae) Breeding in Fruits and Flowers, Including 7 New Species. *PLoS ONE*, 10(11): e0142441. doi:10.1371/journal.pone.0142441
- Ricarte, A., Rotheray, G.E. & Marcos-García, M.A. (2012). Revision of the New World genus *Quichuana* Knab, 1913 (Diptera: Syrphidae) including description of 24 new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166:72-131.
- Rosano-Hinojosa, A.M., Martínez-Falcón, A.P., Martínez-Hernández, S., Ramírez-Hernández, A. (2019). Temporal shifts and cactus-beetle networks in an intertropical semi-arid zone in Mexico. *Environmental Entomology*, 48:88-96. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy175>.
- Rotheray, G.E., Hancock, E.G. & Marcos-García, M.A. (2007). Neotropical *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) breeding in bromeliads (Bromeliaceae) including 22 new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 150: 267-317.
- Rotheray, G.E., Marcos-García, M.A., Hancock, G., Pérez-Bañón, C. & Maier, C.T. (2009). Neotropical *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) breeding in Agavaceae and Cactaceae including seven new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 156:697-749.
- Rzedowski, J. (1968). Las principales zonas áridas de México y su vegetación. *Bios. Revista del Seminario de Estudios Biológicos*, 1: 4-24.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México. 432p.
- Sarmiento-Cordero, M.A., Ramírez-García, E. & Contreras-Ramos, A. (2010). Diversidad de la familia Syrphidae (Diptera) en la Estación de Biología “Chamela”, Jalisco, México. *Dugesiana*, 17:197-207.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2013). Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán México 3-4 pp.
- Thompson, F.C. (1972). A contribution to a generic revision of the Neotropical *Milesiinae* (Diptera, Syrphidae). *Archivos De Zoología*, 23:73-215.
- Thompson, F.C. & Rotheray, G.E. (1998). Family Syrphidae. En: Papp, L., Darvas, B. (eds) *Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera*. Science Herald, Budapest, pp 81-139.