

Artículo original

Diversidad de especies de *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae, Blacinae) en dos ecosistemas forestales de Michoacán, México

Diversity of *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae, Blacinae) species in two forest ecosystems of Michoacán, Mexico

 ^{1*}JOSÉ ISAAC FIGUEROA, ¹AARÓN MEJÍA-RAMÍREZ†, ANA MABEL MARTÍNEZ, SAMUEL PINEDA, JAVIER PONCE-SAAVEDRA, JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ-GARCÍA, OMAR CHAMPO-JIMÉNEZ

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México. C.P. 58880.

²Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. Francisco J. Múgica, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México. C.P. 58060.

³Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, Área de Control Biológico. Hornos #1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230.



OPEN ACCESS

Editor responsable: Daniel Reynoso-Velasco

*Autor corresponsal:

 José Isaac Figueroa
figueroaji@yahoo.com.mx

Cita:

Figueroa, J. I., Mejía-Ramírez, A., Martínez, A. M., Pineda, S., Ponce-Saavedra, J., Sánchez-García, J. A., Champo-Jiménez, O. (2021)

Diversidad de especies de *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae, Blacinae) en dos ecosistemas forestales de Michoacán, México.

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 37, 1–15.

10.21829/azm.2021.3712316
elocation-id: e3712316

Recibido: 11 agosto 2020

Aceptado: 28 junio 2021

Publicado: 07 julio 2021

RESUMEN. Este estudio estimó la diversidad de avispas del género *Blacus* Nees (Braconidae, Blacinae) en dos ecosistemas forestales del noreste de Michoacán, en el Eje Neovolcánico Transversal: Parque Nacional Cerro de Garnica (PN C-Garnica) y Zona Protectora Forestal Los Azufres (ZPF Los Azufres). Se elaboró un mapa de cobertura vegetal con imágenes satelitales de estos ecosistemas forestales. La captura de especímenes se realizó mensualmente desde marzo 2008 hasta febrero 2010 con la ayuda de platos-trampa de color amarillo. Se capturó un total de 172 especímenes de 17 especies del género *Blacus*, de los cuales 84.3% provinieron del PN C-Garnica (13 especies) y 15.7% de la ZPF Los Azufres (10 especies). El porcentaje de similitud indicó una composición de especies diferente entre las dos áreas estudiadas (índice de Jaccard = 0.35). En el PN C-Garnica se capturaron significativamente más especímenes por mes que en la ZPF Los Azufres (12.1 ± 4.0 vs 2.3 ± 1.20). De



CC BY-NC-SA

Atribución-NoComercial-CompartirlIgual

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

e-ISSN 2448-8445

acuerdo con el índice de Shannon-Wiener, la diversidad fue similar en ambas áreas estudiadas (2.1 vs 1.9). Los estimadores de riqueza Chao 2 y Jackknife 2 indicaron que en ambas áreas se capturó ~60% de las especies esperadas. Se concluye que el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres mantienen una alta diversidad de especies de *Blacus*. Las mayores abundancias, así como la mayor riqueza de especies se encontraron en el PN C-Garnica, la cual es una zona con mayor grado de perturbación.

Palabras clave: Áreas forestales protegidas; avispas parasitoides; bioindicadores; perturbaciones; platos-trampa; cobertura vegetal

ABSTRACT. In this study, the diversity of wasps of the *Blacus* Nees (Braconidae, Blacinae) genus were estimated in two forest ecosystems in the northeastern part of Michoacán, in the Trans-Mexican Volcanic Belt: Cerro de Garnica National Park (C-Garnica NP) and Los Azufres Protected Forest Area (Los Azufres PFA). A vegetation cover map based on satellite images of these forest ecosystems was prepared. The specimens collecting was performed monthly from March 2008 until February 2010 with the help of yellow pan traps. A total of 172 specimens of 17 species of the genus *Blacus* were collected, of which 84.3% were from C-Garnica NP (13 species) and 15.7% from Los Azufres PFA (10 species). Percentage of similarity (Jaccard's index = 0.35) was relatively low, indicating a different composition between both forest ecosystems. Significantly more specimens were monthly captured in C-Garnica NP than in Los Azufres PFA (12.1 ± 4.0 vs 2.3 ± 1.20). According to the Shannon-Wiener index, the diversity was similar in both studied areas (2.1 vs 1.9). Chao 2 and Jackknife 2 estimators indicated that ~60% of the expected species were captured in both areas. One concludes that C-Garnica NP and Los Azufres PFA maintain a high species diversity of *Blacus*. The greatest abundance, as well as the greatest species richness were found in the C-Garnica NP, which is an area with a higher degree of disturbance.

Key words: Protected forest areas; parasitoid wasps; bioindicators; disturbances; pan traps; vegetation cover

INTRODUCCIÓN

Las especies que pertenecen a la familia Braconidae tienen amplia distribución alrededor del mundo. Se les puede encontrar en diversos ecosistemas, tanto en climas tropicales como en templados, pero son menos comunes en zonas desérticas y en regiones polares (Sharkey, 1993). La mayoría de las especies de esta familia se han especializado como parasitoides de otros insectos, aunque algunas tienen hábitos fitófagos (Macêdo & Monteiro, 1989; Infante *et al.*, 1995). La importancia de estos himenópteros parasitoides reside no sólo en que pueden regular las poblaciones de sus hospederos en ambientes naturales o en ofrecer alternativas para el control biológico de insectos plaga, sino también en que pueden ser utilizados como bioindicadores para monitorear cambios en un ecosistema afectado por actividades antropogénicas (Delfín-González & Burgos, 2000). En México, la familia Braconidae es muy diversa y abundante en todos los ecosistemas terrestres; sin embargo, sólo se conoce una pequeña fracción (704 especies; Coronado-Blanco & Zaldívar, 2014) del total de especies registradas en el mundo (21,221 especies; Yu *et al.*, 2016), lo cual es el resultado de la existencia de escasos entomólogos que trabajan la taxonomía de estos himenópteros parasitoides (Figueroa *et al.*, 2013). En particular, se sabe que

Blacus es un género que incluye a más de 200 especies (van Achterberg, 1988; Belokobylskij, 1995; Sánchez-García, 2001; Sánchez-García *et al.*, 2003; Ahmad & Ahmed, 2008; Shamim & Ahmed, 2015; Yu *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2020), de las cuales sólo 18 están registradas en México (Coronado-Blanco, 2013; Coronado-Blanco & Zaldívar, 2014). Las hembras de estas especies parasitan a larvas de escarabajos fitófagos, especialmente de las familias Anobiidae, Cerambycidae, Cryptophagidae, Curculionidae, Melyridae, Nitidulidae, Scolytidae y Staphylinidae (van Achterberg, 1988).

Entre los estudios taxonómicos que han aportado información de esta familia de avispas en México se encuentran: los que determinan faunas regionales a nivel de género (ejemplo; Braconidae de Guanajuato, Sánchez-García *et al.*, 1998; Braconidae de Michoacán, Figueroa *et al.*, 2012), los que describen nuevas especies en un género de importancia para control biológico o de un género que tiene un número reducido de especies (ejemplo; *Exasticolus* van Achterberg, López-Martínez *et al.*, 2011; *Eurytenes* Foerster, Figueroa *et al.*, 2013), los que reportan revisiones taxonómicas de géneros de interés para una o varias regiones (ejemplo; *Triaspis* Haliday, López-Martínez & Romero-Nápoles, 2004; *Crassomicrodus* Ashmead, Figueroa *et al.*, 2011), y los que publican listados de la diversidad de especies (ejemplo; Coronado-Blanco, 2013). A pesar del interés por generar información de este grupo de insectos en diferentes ecosistemas, muchas veces éste se pierde porque no siempre resulta posible la identificación a nivel de especie debido a la falta de revisión taxonómica de muchos géneros (Lewis & Whitfield, 1999). En este contexto, en México los estudios faunísticos de esta familia en áreas forestales son escasos y, más aún, de aquellos que intentan conocer la diversidad de especies de estos parasitoides en ecosistemas con un determinado grado de perturbación. Desafortunadamente, muchas de las áreas forestales actuales se encuentran en constante riesgo de ser afectadas por actividades de deforestación, razón por lo cual es necesario realizar estudios faunísticos a nivel de especie de estos himenópteros antes que la fauna y flora local sean modificadas en composición y diversidad (Figueroa *et al.*, 2009).

En México, las áreas silvestres protegidas incluyen una amplia variedad de categorías de manejo, tales como reservas naturales, parques nacionales, estaciones científicas, refugios de vida silvestre, zonas protectoras forestales, reservas de la biosfera, entre otras (Jardel, 1995; SEMARNAT-CONANP, 2016). En el estado de Michoacán, una entidad con gran diversidad climática y geográfica, se encuentran el Parque Nacional Cerro de Garnica (PN C-Garnica) y la Zona Protectora Forestal Los Azufres (ZPF Los Azufres), dos áreas forestales que no han sido estudiadas y que pudieran albergar especies endémicas de estas avispas parasitoides. Por ello, en el presente estudio se determinaron las especies del género *Blacus* Nees (Braconidae, Blacinae) en estos dos ecosistemas forestales y se realizó una comparación de ambas áreas mediante la evaluación de la riqueza, diversidad, abundancia y similitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La captura de especímenes del género *Blacus* se realizó una vez cada mes, desde marzo de 2008 hasta febrero de 2010, en el PN C-Garnica y en la ZPF Los Azufres. Estas áreas se localizan al noreste del estado de Michoacán (Fig. 1) en la subprovincia Mil Cumbres, del sistema montañoso del Eje Neovolcánico Transversal. El clima de estas áreas es templado subhúmedo con

lluvias en verano (García, 2004), con precipitaciones de 1,000 a 1,200 mm y temperaturas promedios anuales de entre 18 y 30°C. En cada área de estudio se marcó un transecto lineal de ~250 m donde se colocaron cinco parcelas, cada una de 5 × 5 m y separadas por 50 m. En el PN C-Garnica, este transecto se ubicó entre las coordenadas 19° 40' 2.60" N -100° 49' 42.96" O (2,938 m s.n.m.) y 19° 39' 53.85" N -100° 49' 36.80" O (2,967 m s.n.m.), en el municipio de Queréndaro. Su vegetación está conformada por varias especies de pinos (*Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. montezumae* Lamb. y *P. teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham.), asociadas con encinos (*Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Q. crassifolia* Humb. & Bonpl.) y ailes (*Alnus jorullensis* Humboldt, Bonpland & Kunth). Sin embargo, mucha de su vegetación original se encuentra fuertemente alterada por la tala de árboles, existiendo en su lugar abundancia de plantas herbáceas de las familias Labiatae (= Lamiaceae) y Compositae (= Asteraceae) (Vargas-Márquez, 1997). En la ZPF Los Azufres, el transecto se ubicó entre las coordenadas 19° 45' 33.38" N -100° 41' 21.77" O (2,548 m s.n.m.) y 19° 45' 23.65" N -100° 41' 16.66" O (2,577 m s.n.m.), en el municipio de Zinapécuaro. Su vegetación está conformada por bosque mixto de oyamel-pino (*Abies religiosa* [H.B.K.] Schl. et Cham. y *Pinus* sp.) y el estrato arbustivo por especies de las familias Compositae, Labiatae, Leguminosae, Polygalacea y Solanaceae (Martínez *et al.*, 1987). El área ubicada en la ZPF Los Azufres se encontró en mejores condiciones de conservación que en el PN C-Garnica que tenía más áreas abiertas por la reducción de la cobertura forestal.

Elaboración de mapa de cobertura vegetal. Para construir el mapa de cobertura vegetal de las áreas forestales PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres se descargaron imágenes Landsat 7 ETM+ de Nivel 1 y de Nivel 2 de la página <https://earthexplorer.usgs.gov> (5 de marzo de 2009). Las imágenes de cada nivel estaban compuestas por bandas espectrales (una imagen por banda) de 30 metros de resolución en el espectro visible (azul, verde, rojo), en el infrarrojo cercano (IRC), en el infrarrojo medio (IRM 1 y 2) y en el infrarrojo térmico (IRT). Las imágenes del Nivel 1 se descargaron porque adicionalmente incluía una imagen pancromática de 15 metros de resolución espacial, mientras que las imágenes del Nivel 2 contenían información de cada banda en unidades de reflectancia. Con la imagen pancromática y una imagen multibanda (obtenida al juntar todas las bandas espectrales del Nivel 2 en una sola imagen) se construyó un mapa de cobertura vegetal para el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres. Previamente, se realizó una clasificación no supervisada de 10 clases con el algoritmo *k-means* del programa ENVI 5.1 (Exelis, Visual Information Solutions, Inc.), donde a cada clase se le asignó un tipo de cobertura vegetal. La clasificación se validó utilizando regiones de interés de grupos de pixeles de las diferentes clases de la imagen pancromática, en donde se obtuvo una precisión general asociada a la clasificación de 96.2% y un índice de Kappa de 0.95. Para verificar que el tipo de cobertura correspondiera a la clase asignada, se comparó también con imágenes de alta resolución de GoogleEarth (Champo-Jiménez *et al.*, 2012; España-Boquera & Champo-Jiménez, 2016). En la elaboración del mapa, se adoptó la clasificación de cobertura vegetal propuesta por Varo-Rodríguez *et al.* (2016). Despues, se hizo un recorte del mapa de cobertura vegetal para delimitar el área muestreada de ambos sitios. Finalmente, considerando grupos de pixeles de cada clase, se calculó el área (hectáreas = ha) de cada tipo de cobertura vegetal encontrada en el PN C-Garnica y en la ZPF Los Azufres con el mismo programa ENVI.

Captura de especímenes. En cada parcela se colocaron aleatoriamente, y a nivel del suelo, 15 platos rectangulares de plástico ($27 \times 20 \times 5$ cm) de color amarillo (= platos-trampa) (Mena-Mociño *et al.*, 2016), siendo instalados un total de 75 platos-trampa en las cinco parcelas ubicadas en el transecto. Estos platos-trampa, cada uno con 980 ml de agua + 10 ml de detergente Salvo®, como medio de retención, se mantuvieron en las parcelas de muestreo durante 48 h. Después de este tiempo, en cada área de estudio se tamizó el contenido de cada plato-trampa para extraer los insectos, mismos que se conservaron hasta su procesamiento en un solo frasco de plástico de 250 ml que contenía alcohol al 70% (= individuos por mes/área de estudio). En laboratorio, los especímenes de *Blacus* se separaron para su curación, conteo, montaje y determinación con las claves de van Achterberg (1976; 1988) y Sánchez-García (2001). En ambas áreas de estudio, el número de individuos de cada especie que se capturaron en un mes determinado se complementaron (~90% de coincidencia en el avistamiento mensual de las diferentes especies de *Blacus* en los dos años) con el del mismo mes del siguiente año para conocer una fenología anual generalizada de las especies de *Blacus*. Todos los ejemplares se depositaron en la Colección Entomológica del Instituto de Investigaciones Agropecuaria y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

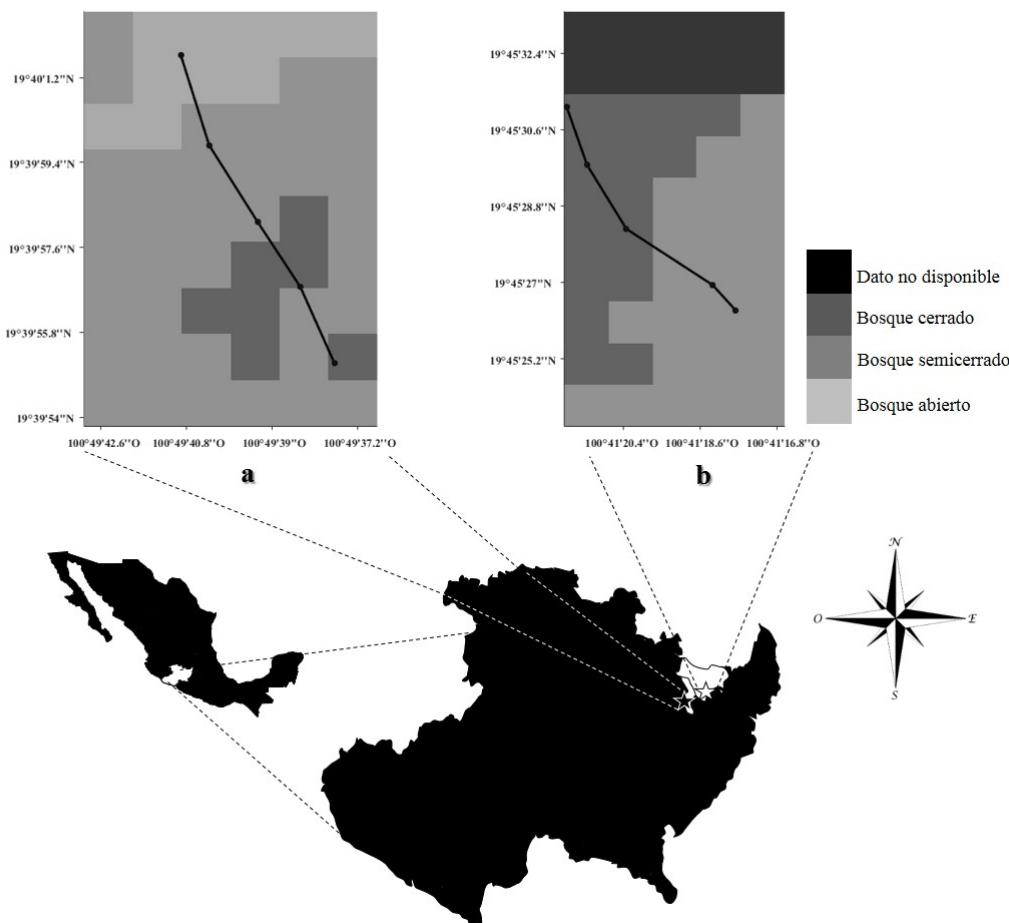


Figura 1. Ubicación de los sitios de captura de avispas del género *Blacus* en Michoacán. a: PN C-Garnica (tres coberturas vegetales en 4.86 ha); b: ZPF Los Azufres (dos coberturas vegetales en 4.5 ha).

Análisis de datos. La diversidad de especies de *Blacus* se analizó para cada área estudiada. La abundancia se determinó de acuerdo con el número total de individuos recolectados por especie. Los datos de número de individuos promedio por mes de *Blacus* de cada área estudiada se sometieron a una prueba de *t* de Student con el programa JMP® versión 8.0. Debido a que las varianzas no fueron homogéneas, aún con la transformación de los datos a \log_{10} , se utilizó la prueba no paramétrica de *U* de Mann-Whitney ($p < 0.05$). Para comparar gráficamente los patrones de abundancia de las especies de *Blacus* para cada área, se elaboraron curvas de rango-abundancia de Whittaker (\log_{10} de la abundancia proporcional sobre eje Y; Magurran, 2004). Por otro lado, la diversidad de cada área se estimó con el índice de Shannon-Wiener, el índice de dominancia de Simpson y la equitatividad de Pielou. El índice de diversidad de Shannon-Wiener se comparó mediante una prueba de *t*, modificada por Hutchinson (Zar, 2005), mientras que los índices de Simpson y de Pielou mediante pruebas de permutación. La similitud entre las dos áreas estudiadas se calculó con el índice de Jaccard. La riqueza de especies esperada para cada área se calculó con los estimadores Chao 2 y Jackknife 2. La completitud del inventario de cada área de estudio y del total muestreado se calculó como una proporción entre el valor de la riqueza de especies observada y el estimador Chao 2. Todos estos análisis se realizaron usando el software PAST versión 3.01 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

En el PN C-Garnica se identificaron tres tipos de cobertura vegetal, mientras que en la ZPF Los Azufres solamente dos (Fig. 1). El área de negro en la figura 1b indicó ausencia de datos en la imagen multibanda. Para ambos sitios, el gris oscuro correspondió a un bosque cerrado, el gris intermedio a un bosque semicerrado y el gris claro a un bosque abierto. El cuadro 1 muestra más área de zona de bosque cerrado en la ZPF Los Azufres (32% de 4.5 ha) que en el PN C-Garnica (12.96% de 4.86 ha). En contraste, hubo más área de bosque semicerrado en el PN C-Garnica que en la ZPF Los Azufres. Solo se encontró área de bosque abierto en el PN C-Garnica (18.52% de 4.86 ha).

En ambas áreas de estudio se capturaron 172 especímenes del género *Blacus*, pertenecientes a cinco subgéneros y 17 especies, de las cuales 12 son conocidas y cinco resultaron nuevas para la ciencia (Cuadro 2). Del total de los especímenes, 145 (13 especies) se capturaron en el PN C-Garnica y 27 (10 especies) en la ZPF Los Azufres. En el PN C-Garnica se capturaron

Cuadro 1. Superficie ocupada por tipo de cobertura vegetal en el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres, Michoacán.

Cobertura vegetal	PN C-Garnica		ZPF Los Azufres	
	Hectáreas (ha)	(%)	Hectáreas (ha)	(%)
Bosque cerrado	0.63	12.96	1.44	32
Bosque semicerrado	3.33	68.52	2.16	48
Bosque abierto	0.9	18.52	0	0
Datos no disponibles	0	0	0.9	20
Total	4.86	100	4.50	100

Cuadro 2. Abundancia y fenología de las especies del género *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae) en dos ecosistemas forestales del estado de Michoacán.

Subgénero	Especie	Meses del año (2008 + 2009 + 2010)												Total
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Parque Nacional Cerro de Garnica														
<i>Blacus</i>	<i>parastigmaticus</i>						2							2
	especie 4		5					2	1	2	1	11		
<i>Ganychorus</i>	<i>basitarsis</i>										1	2		3
	<i>collaris</i>	2	9	1				1	1	10	22		46	
	<i>cracentis</i>										1	3		4
	<i>julianae</i>	1	2	5				1		6	4		19	
	<i>ruficornis</i>				2					2	5	1	10	
	<i>thoracicus</i>	1	2		1		6			1	2		13	
<i>Hysterobolus</i>	<i>trapezoides</i>	1	3	3	2		1	1	1	6	5	2	25	
<i>Leioblacus</i>	<i>aulacis</i>									1			1	
	<i>compressiventris</i>							1			1		2	
	<i>longipetiolatus</i>						2	1		5			8	
ND	especie 3					1							1	
	Subtotal	8	9	17	9		9	2	5	2	34	46	4	145
Zona Protectora Forestal Los Azufres														
<i>Blacus</i>	<i>huitepec</i>										1		1	
	especie 4										1		1	
<i>Ganychorus</i>	<i>collaris</i>				1						2		3	
	<i>julianae</i>							5	2	2			9	
	<i>ruficornis</i>										2		2	
	<i>thoracicus</i>				1						1		2	
<i>Hysterobolus</i>	<i>trapezoides</i>					1					5		6	
<i>Tarpehion</i>	especie 1											1	1	
	especie 2						1					1		
	especie 5							1				1		
	Subtotal					5		5	2	14	1	1	27	
	Total	8	9	17	9		14	2	5	7	36	60	5	172

significativamente más especímenes por mes del género *Blacus* que en la ZPF Los Azufres (12.1 ± 4.0 vs 2.3 ± 1.20 ; $U = 7.85$ $P = 0.005$ [$n = 12$, para cada área]). Las especies *Blacus aulacis* van Achterberg, 1976; *B. basitarsis* Sánchez & Wharton, 2010; *B. compressiventris* van Achterberg, 1976; *B. cracentis* van Achterberg, 1976; *B. longipetiolatus* Sánchez & Wharton, 2010; *B. parastigmaticus* Sánchez, Wharton & Romero, 2003; y *Blacus* sp3 se encontraron solamente en el PN C-Garnica, mientras que *B. huitepec* Sánchez & Wharton, 2010, *Blacus* sp1, *Blacus* sp2 y *Blacus* sp5 solamente en la ZPF Los Azufres. Las capturas de especímenes del género *Blacus* en el PN C-Garnica ocurrieron en todos los meses del año, excepto en mayo; mientras que en la ZPF Los Azufres

solamente en cinco meses (junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre). En el PN C-Garnica las mayores capturas ocurrieron en octubre y noviembre, mientras que en la ZPF Los Azufres fue en noviembre. La única especie que se encontró en casi todos los meses del año en el PN C-Garnica fue *B. trapezoides* van Achterberg, 1976 (Cuadro 2).

La estructura de la comunidad de avispas del género *Blacus*, basada en las curvas de rango-abundancia, mostró diferencias en la dominancia (especies con el mayor número de individuos) y equitatividad (repartición del número de individuos entre las especies presentes) de especies entre ambas áreas de estudio (Fig. 2). Visualmente, se encontró más equitatividad en la ZPF Los Azufres (menor inclinación en la curva rango-abundancia) que en el PN C-Garnica; sin embargo, los índices de dominancia de Simpson y el de equitatividad de Pielou mostraron valores similares y sin diferencias significativas entre ambas áreas (0.19 vs 0.17 , $p = 0.63$ y 0.84 vs 0.80 , $p = 0.92$, respectivamente). Las especies dominantes en el PN C-Garnica fueron *Blacus collaris* (Ashmead, 1894), *B. trapezoides* y *Blacus julianae* Sánchez & Figueroa, 2010; mientras que en la ZPF Los Azufres fueron *B. julianae* y *B. trapezoides*. Según el índice de Shannon-Wiener, la diversidad de especies también fue muy similar entre el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres (2.06 y 1.94 , respectivamente) y no se encontró diferencia significativa entre ambas áreas de estudio ($t = 0.59$; $p = 0.55$). Ambas áreas compartieron el 35% de las especies registradas (índice de Jaccard = 0.35). Los estimadores de riqueza de especies Chao 2 y Jackknife 2 para el PN C-Garnica (16.3 ± 4.8 y 17.1 ± 5.5 , respectivamente) y la ZPF Los Azufres (20.9 ± 3.5 y 22.5 ± 1.5 , respectivamente) predijeron valores por encima de la riqueza observada (13 y 10 especies para el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres, respectivamente). La eficiencia de muestreo para el PN C-Garnica fue del 80% y para la ZPF Los Azufres fue del 48%.

DISCUSIÓN

En los últimos 15 años, en el estado de Michoacán se ha registrado 0.09% de deforestación de los bosques templados (Mas *et al.*, 2017). Desafortunadamente, en muchas de las áreas forestales deforestadas poco se conoce sobre su composición y diversidad biológica, lo que indica que cualquier estudio faunístico que se realice de manera sistematizada contribuye a un mejor conocimiento de la biodiversidad existente. Sin embargo, el deterioro de los ecosistemas requiere valorarse, por lo que se recurre a medidas indirectas que pueden obtenerse del monitoreo de especies de insectos que pueden ser utilizados como bioindicadores (Meléndez-Ramírez *et al.*, 2014). Idris y Hasmawati (2002) mencionaron que existe mucha información sobre la respuesta que tienen algunas especies de lepidópteros y coleópteros a la perturbación forestal, pero muy poco se conoce sobre las avispas parasitoides de la familia Braconidae. Al respecto, en el presente trabajo se planteó un estudio comparativo de diversidad de especies del género *Blacus* que permitiera elucidar los efectos que han provocado las actividades humanas sobre las áreas forestales PN C-Garnica (área más alterada según el mapa de cobertura vegetal elaborado con imágenes satelitales) y la ZPF Los Azufres, ubicadas en el Eje Neovolcánico Transversal en el estado de Michoacán.

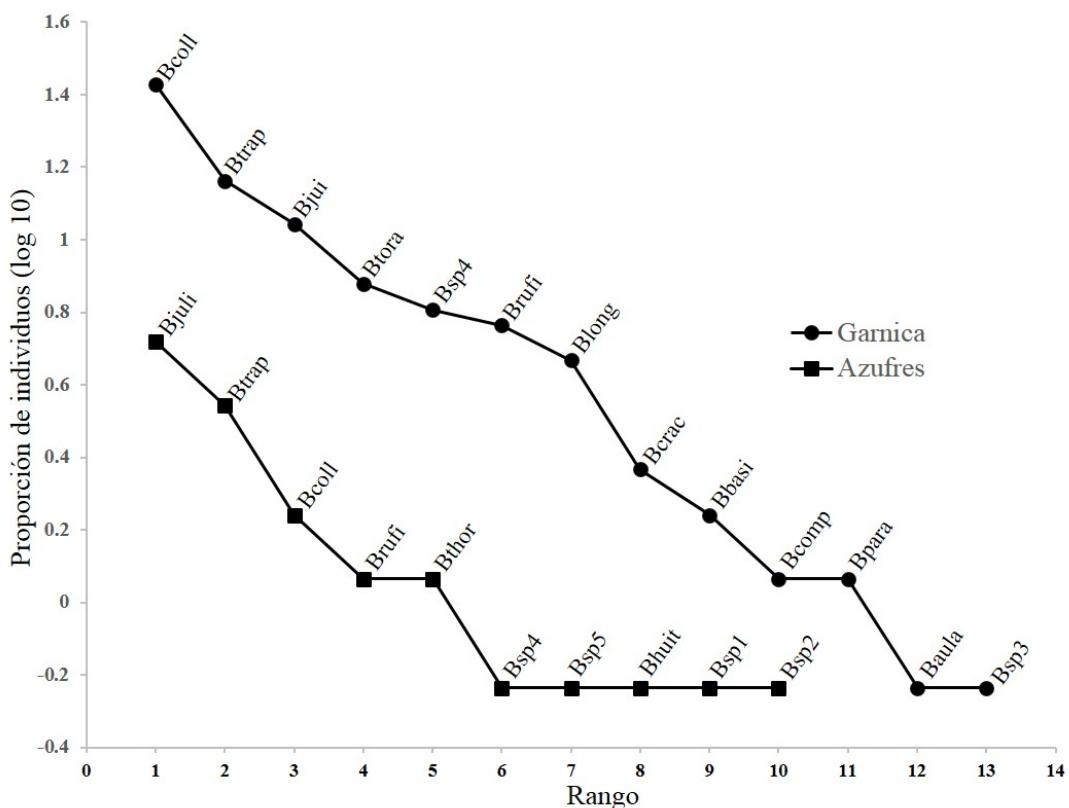


Figura 2. Curvas de rango-abundancia de las especies del género *Blacus* en dos ecosistemas forestales del estado de Michoacán. Baula: *B. aulacis*; Bbasi: *B. basitarsis*; Bcolla: *B. collaris*; Bcomp: *B. compressiventris*; Bcrac: *B. cracentis*; Bjuli: *B. julianae*; Blong: *B. longipetiolatus*; Bpara: *B. parastigmaticus*; Brufi: *B. ruficornis*; Bsp1: *Blacus* sp1.; Bsp2: *Blacus* sp2.; Bsp3: *Blacus* sp3.; Bsp4: *Blacus* sp4; Bsp5: *Blacus* sp5; Bthor: *B. thoracicus*; Btrap: *B. trapezoides*; Bhuit: *B. huitepec*.

En este estudio se determinaron 12 especies conocidas y cinco especies nuevas del género *Blacus*, lo que indica que en las dos zonas forestales exploradas se encontró el 67% del total de especies registradas para México (sin incluir las especies nuevas). Hasta hace una década, sólo existían registros de ocho especies del género *Blacus* en el estado de Michoacán (*B. basitarsis*, *B. huitepec*, *B. julianae*, *B. longipetiolatus*, *B. parastigmaticus*, *B. ruficornis* [Nees, 1811], *B. thoracicus* van Achterberg, 1976 y *B. trapezoides*; Sánchez-García, 2001; Figueroa *et al.*, 2009; Sánchez-García *et al.*, 2010), pero con la determinación de *B. aulacis*, *B. collaris*, *B. compressiventris* y *B. cracentis* como nuevos registros, se incrementó el número de especies para este estado de la República Mexicana. Este número de especies capturadas coincide con la predicción hecha por Wharton y Mercado (2000), quienes mencionaron que la mayor riqueza de especies de *Blacus* en México se encontraría en bosques de altas elevaciones, incluido el Eje Neovolcánico Transversal. En relación con la riqueza y abundancia de las especies de *Blacus*, en el PN C-Garnica se capturaron más especies (13 vs 10) y más individuos por mes (12.1 ± 4.0 vs 2.3 ± 1.20) que en la ZPF Los Azufres. Sin embargo, en términos de diversidad, y según el índice de Shannon-Wiener, no se encontraron diferencia significativa entre ambas áreas de muestreo, lo que indica que las dos áreas de estudio

tienen similar estructura de sus comunidades. Este mismo resultado se reflejó en la similitud de los valores de equitatividad que se encontraron en ambas áreas de estudio, aun con las diferencias en abundancia. A este respecto, en la ZPF Los Azufres se encontró la equitatividad ligeramente más alta (0.84) como resultado del efecto del bajo número de especímenes capturados y de las mínimas abundancias por especie, mientras que en el PN C-Garnica la equitatividad fue ligeramente más baja (0.80) probablemente por el efecto de las tres especies dominantes (*B. collaris*, *B. julianae* y *B. trapezoides*).

El índice de Shannon-Wiener sugiere que el PN C-Garnica mantiene una estructura similar a la comunidad de *Blacus* de la ZPF Los Azufres; sin embargo, es la medida de la riqueza, y en especial el número de especies exclusivas (65% de especies no compartidas), las que podrían explicar la alteración que tiene el PN C-Garnica a consecuencia de la tala de árboles. Esto, en concordancia con la hipótesis de que los ambientes perturbados son más susceptibles a ser colonizados por especies oportunistas e invasoras como una respuesta a la liberación de recursos (ocasionada por el disturbio) (Suding *et al.*, 2004). En este estudio, la razón del por qué hubo más riqueza (especialmente de las siete especies únicas) y abundancia de especies de *Blacus* en el PN C-Garnica, pudiera explicarse por la relación denso-dependiente que tuvieron con sus respectivos hospederos, debido a que estos parasitoides pueden reflejar la abundancia de estos por la necesidad que tienen para reproducirse (Delfín-González & Burgos, 2000). Al modificarse la estructura de la vegetación también se modifica la fauna asociada y, como consecuencia, la disponibilidad de hospederos (abundancia de larvas de diferentes especies de escarabajos). En ese sentido, la existencia en el PN C-Garnica de una diversidad de especies de plantas herbáceas con diferentes momentos de sucesión ecológica pudo haber propiciado las condiciones para incrementar la diversidad de especies en los tres niveles tróficos (plantas-insectos fitófagos-parasitoides) (Martin-Piera, 1997; Lewis & Whitfield, 1999), incluyendo la diversidad de adultos de *Blacus* que encontraron refugio y abundancia de recursos alimenticios (néctares y polen) en dicha vegetación (Jervis *et al.*, 1993; Banks, 2003). Existe evidencia que apoya esta hipótesis en los estudios con avispas de Chay-Hernández *et al.* (2006) y Castillo-Sánchez *et al.* (2019), quienes encontraron más diversidad y abundancia de icneumónidos y bracónidos en parcelas con vegetación herbácea comparado con las que no tuvieron este tipo de vegetación. Los mismos autores indicaron que la diferencia entre ambas áreas estudiadas fue debido a que estos himenópteros parasitoides encontraron entre la vegetación secundaria las condiciones óptimas para reproducirse, disponibilidad de hospederos, así como alimento para los adultos (ejemplo, néctar y polen de diferentes especies de plantas). Lewis & Whitfield (1999) también encontraron más especies de bracónidos (60% del total) en dos zonas con mayor grado de perturbación comparadas con una zona menos perturbada (50% de las especies).

Por otra parte, con la abundancia registrada se determinó una fenología generalizada de las especies de *Blacus* en los diferentes meses del año. Por ejemplo, en el PN C-Garnica, *B. parastigmaticus* y *B. aulacis* se encontraron, respectivamente, en los meses de abril y octubre, mientras que *B. trapezoides* se capturó en casi todos los meses del año (excepto mayo). La variación estacional de las especies de *Blacus* encontrada en el presente estudio podría atribuirse a la sincronización que existe con sus hospederos, ya que estos permiten que algunas especies se encuentren con mayor frecuencia en un periodo específico del año, mientras que en otro periodo

la abundancia de las mismas especies disminuye, como sucedió con *B. collaris*. Al respecto, Briceño *et al.* (2006) reportaron que la abundancia de las avispas Alysiinae (Braconidae), parasitoides de dípteros, en tres ambientes naturales de Venezuela, estuvo relacionada con la presencia y disponibilidad de sus hospederos durante el año.

La riqueza de especies de *Blacus* obtenida con el estimador Chao 2 fue 1.6 veces mayor que la observada, tanto para el PN C-Garnica como para la ZPF Los Azufres, mientras que con el estimador Jackknife 2 fue 1.7 veces mayor para ambas áreas estudiadas. Esto sugiere que Chao 2 fue el estimador que menos sobreestimó la riqueza esperada de especies, ya que estimó ocho y seis especies por encontrar para el PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres, respectivamente. De manera similar, Lewis y Whitfield (1999) determinaron que el estimador Chao 2 fue el que menos sobreestimó la riqueza de las comunidades de avispas bracónidas en un estudio realizado en tres zonas con diferente grado de perturbación (manejo silvícola) del Bosque Nacional Ouachita (Arkansas, EUA).

Finalmente, este estudio reveló que las áreas forestales PN C-Garnica y la ZPF Los Azufres mantienen una alta diversidad de especies del género *Blacus*. La mayor abundancia de estos parasitoides, así como la mayor riqueza de especies y especies exclusivas se encontraron en el área PN C-Garnica, la cual tiene mayor grado de perturbación. Esto sugiere que las especies del género *Blacus* pudieran estar respondiendo a los cambios (perturbaciones) en el ambiente de los bosques y así aprovechar la modificación y las nuevas oportunidades que se generan para incrementar su riqueza. Este estudio servirá de base para otros más específicos en los cuales se analice el potencial de estos insectos para indicar el deterioro de los ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS. A la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Michoacán, México) por el financiamiento otorgado para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Achterberg, C. van** (1976) A revision of the tribus Blacini (Hym., Braconidae, Helconinae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 118, 159–322.
- Achterberg, C. van** (1988) Revision of the subfamily Blacinae Foerster (Hymenoptera: Braconidae). *Zoologische Verhandelingen*, 249, 1–324.
- Ahmad, Z., Ahmed, Z.** (2008) Description of a new species of the genus *Blacus* Nees (Hymenoptera: Braconidae), along with a key to Indian species. *Journal of the Bombay Natural History Society*, 195 (1), 84–85.
- Banks, J. E.** (2003) Influence of plant diversity on herbivores and natural enemies. Pp.112–120. In: O. Koul, G. S. Dhaliwal (Eds.). *Predators and parasitoids*. Taylor and Francis Group, London, UK.
- Belokobylskij, S. A.** (1995) New and rare species of the genus *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae) from the Russian far East. *European Journal of Entomology*, 92, 449–467.
<https://www.eje.cz/pdfs/eje/1995/02/13.pdf>

- Briceño, G. R. A., Torres, P. D. N., Romero, T. L.** (2006) Biodiversidad y distribución de la subfamilia Alysiinae (Hymenoptera: Braconidae) en tres ecosistemas naturales de Venezuela. *Entomotropica*, 21 (2), 73–82.
- Castillo-Sánchez, L. E., Jiménez-Osornio, J. J., Delfín-González, H., Ramírez Pech, J., Canul-Solís, J. R., González-Moreno, A., Campos-Navarrete, M. J.** (2019) Diversity of Ichneumonoidea (Hymenoptera) in three types of land use in a multiple production agroecosystem in Xmatkuil, Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 6, e543. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e543>
- Champo-Jiménez, O., Valderrama-Landeros, L., España-Boquera, M. L.** (2012) Pérdida de cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México (2006-2010). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (2), 143–157. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.074>
- Chay-Hernández, D. A., Delfín-González, H., Parra-Tabla, V.** (2006) Ichneumonoidea (Hymenoptera) community diversity in an agricultural environment in the state of Yucatan, Mexico. *Environmental Entomology*, 35 (5), 1286–1297. <https://doi.org/10.1093/ee/35.5.1286>
- Coronado-Blanco, J. M.** (2013) La familia Braconidae (Hymenoptera) en México. *Entomología Mexicana*, 3, 31–46.
- Coronado-Blanco, J. M., Zaldívar-Riverón, A.** (2014) Biodiversidad de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S372–S378. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.32000>
- Delfín-González, H., Burgos R., D.** (2000) Los bracónidos (Hymenoptera: Braconidae) como grupo parámetro de biodiversidad en las selvas deciduas del trópico: una discusión acerca de su posible uso. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 79, 43–56. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/n79/n79a4.pdf>
- España-Boquera, M. L., Champo-Jiménez, O.** (2016) Proceso de deforestación en el municipio de Cherán, Michoacán, México (2006-2012). *Madera y bosques*, 22 (1), 141–153.
- Figueroa, J. I., Sánchez-García, J. A., Martínez, A. M., Flores-Espino, L., Pineda, S.** (2009) Las especies de *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae) que viven en tres áreas forestales importantes del estado de Michoacán. *Entomología mexicana*, 8, 725–729. <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2009/EF/725-729.pdf>
- Figueroa, J. I., Sharkey, M. J., Romero-Nápoles, J., Sánchez-García, J. A., Martínez, A. M., Martínez, L. V., Pineda, S.** (2011) Revision of the new world genus *Crassomicroodus* Ashmead (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae), with an identification key to species. *Zookeys*, 142, 27–75. <https://doi.org/10.3897/zookeys.142.1709>
- Figueroa, J. I., Sánchez-García, J. A., Martínez-Castillo, A. M., Pineda-Guillermo, S., López-Martínez, V., Coronado-Blanco, J. M., Ruíz-Cancino, E., Chavarrieta, J. M.** (2012) Situación actual sobre estudios taxonómicos de avispas bracónidas (Hymenoptera: Braconidae) en el estado de Michoacán. *III Taller internacional de Recursos naturales*. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

- Figueroa, J. I., Sánchez-García, J. A., Martínez, A. M., Pineda S.** (2013) A new species of *Eurytenes* Foerster (Hymenoptera, Braconidae, Opiinae) from Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86 (2), 117–121.
<https://doi.org/10.2317/JKES120823.1>
- García, M. E.** (2004) *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Cuarta edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 pp.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D.** (2001) *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. Paleontología Electrónica, 4 (1), 9. Disponible en: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>
- Idris, A. B., Hasmawati, Z.** (2002) Ecological study of braconid wasps in different logged over forests with special emphasis on the Microgastrines (Hymenoptera: Braconidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5 (11), 1255–1258.
<https://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2002.1255.1258>
- Infante, F., Hanson, P., Wharton, R. A.** (1995) Phytophagy in the genus *Monitoriella* (Hymenoptera: Braconidae) with description of new species. *Annals of the Entomological Society of America*, 88 (4), 406–415.
<https://doi.org/10.1093/ae/88.4.406>
- Jardel, E. J.** (1995) Las áreas protegidas en la práctica: una discusión sobre conservación biológica y desarrollo sustentable. *Revista Universidad de Guadalajara*. Número especial: la Conservación Biológica en México, 23–36.
- Jervis, M. A., Kidd, A. N., Fitton, G. M., Dawah, A. H.** (1993) Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History*, 27, 67–105.
<https://doi.org/10.1080/00222939300770051>
- Lee, H. R., Belokobylskij, S. A., Ku, D. S., Byun, B. K.** (2020) Eight newly recorded species of the genus *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae: Blacinae) in Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity*, 36 (1), 31–34.
<https://doi.org/10.5635/ASED.2020.36.1.044>
- Lewis, C. N., Whitfield, J. B.** (1999) Braconid wasp (Hymenoptera: Braconidae) diversity in forest plots under different silvicultural methods. *Environmental Entomology*, 28 (6), 986–997.
<https://doi.org/10.1093/ee/28.6.986>
- López-Martínez, V., Romero-Napoles, J.** (2004) Identification key to the Mexican and Central American species of *Triaspis* Haliday (Hymenoptera: Braconidae), with descriptions of six new species. *Annals of the Entomological Society of America*, 97 (1), 15–27.
[https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0015:IKTTMA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0015:IKTTMA]2.0.CO;2)
- López-Martínez, V., Delfín-González, H., van Achterbergc, K., Alia-Tejacala, I.** (2011) A new species of the genus *Exasticolus* van Achterberg (Hymenoptera: Braconidae: Homolobinae) from Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 46 (1), 59–62.
<https://doi.org/10.1080/01650521.2010.543022>
- Macêdo, M. V., Monteiro, R. F.** (1989) Seed predation by a braconid wasp, *Allorhogas* sp. (Hymenoptera). *Journal of the New York Entomological Society*, (97), 358–353.
<https://www.jstor.org/stable/25009780>
- Magurran, A. E.** (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Malden.

- Martínez, M. E., Ibarra, C. G., Hernández, V. A., Lorea-Hernández, F.** (1987) Contribución al conocimiento de la flora y la vegetación de la región de los Azufres, Michoacán. *Trace*, 12, 22–37.
- Martin-Piera, F.** (1997) Apuntes sobre biodiversidad y conservación de insectos: dilemas, ficciones y ¿soluciones? *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20, 25–55.
- Mas, J. F., Lemoine-Rodríguez, R., González, R., López-Sánchez, J., Piña-Garduño, A., Herrera-Flores, E.** (2017) Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y Bosques*, 23 (2), 1–13.
<https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>
- Meléndez-Ramírez, V., Ayala, R., Delfín-González, H.** (2014) Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. Pp. 349–372. In: C. A. González Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez, A. Low Pfeng (Eds.). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur.
- Mena-Mociño, L. V., Pineda-Guillermo, S., Martínez-Castillo, A. M., Gómez-Ramos, B., Lobit, P. Ch., Ponce-Saavedra, J., Figueroa-De La Rosa, J. I.** (2016) Influencia del color y altura de platos-trampa en la captura de bracónidos (Hymenoptera: Braconidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 42 (2), 155–161.
<https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6686>
- Sánchez-García, J. A., Romero-Nápoles, J., Ramírez, S.** (1998) Géneros de Braconidae del estado de Guanajuato (Insecta: Hymenoptera). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 74, 59–137.
<https://doi.org/10.21829/azm.1998.74741721>
- Sánchez-García, J. A.** (2001) *Revisión Taxonómica del género Blacus Nees para México (Hymenoptera: Braconidae) (Tesis doctoral)*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Sánchez-García, J. A., Wharton, R. A., Romero, N. J., González, H. A., Equihua, M. A., López, M. V., González, H. H., Carrillo, S. J. L.** (2003) Description of a new species of *Blacus* Nees (Hymenoptera: Braconidae) from Mexico, utilizing characters of the male external genitalia. *Pan Pacific Entomologist*, 79 (2), 61–70.
- Sánchez-García, J. A., Wharton, R. A., Romero-Nápoles, J., Figueroa, J. I., López-Martínez, V., Martínez, A. M., Pérez-Pacheco, R., Pineda S.** (2010) Four new species of *Blacus* Nees (Hymenoptera: Braconidae) from Mexico. *Zootaxa*, 2641, 37–46.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.2641.1.4>
- SEMARNAT-CONANP** (2016) *Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de México*. Primera edición. México.
- Shamim, M., Ahmed, Z.** (2015) Description of two new species of the genus *Blacus* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Blacinae) from India. *International Journal of Entomological Research*, 3 (3), 97–105.
- Sharkey, M. J.** (1993) Family Braconidae. Pp. 363–395. In: H. Goulet, J. T. Huber (Eds.). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Research Branch, Agriculture Canada.
- Suding, K. N., Gross, K. L., Houseman, G. R.** (2004) Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 19 (1), 46–53.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.10.005>

- Vargas-Márquez, F.** (1997) Parques nacionales de México: aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situación actual y propuesta en torno a los parques nacionales de México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Varo-Rodríguez, R., Ávila-Akerberg, V., Gheno-Heredia, J.** (2016) Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba. *Teoría y Praxis*, 19, 11–31.
- Wharton, R. A., Mercado, I.** (2000) Braconidae (Hymenoptera). Pp. 635–647. In: J. Llorente, B. E. González, S. N. Papavero (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento, Vol. II.* UNAM, México, D.F.
- Yu, D. S., van Achterberg, K., Horstmann, K.** (2016) Taxapad 2012. Ichneumonoidea 2011. Database on flash-drive. Ottawa, Ontario, Canadá. Disponible en: <http://www.taxapad.com>
- Zar, J. H.** (2005) Biostatistical Analysis. Fifth edition. Prentice Hall, 921 pp.