

RESPUESTA DE LA MIRMECOFAUNA AL MANEJO AGRÍCOLA DE LOS AGROECOSISTEMAS DE HELICONIAS ORNAMENTALES

Rafael Sánchez-Gregorio¹, María del Carmen Arenas-del Ángel¹, Agustín Herrera-Solano¹, Pedro Zetina-Córdoba², Blanca E. Serapio-Bautista¹ y Miguel A. García-Martínez^{1,2}✉

¹Faculta de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, Josefa Ortiz de Domínguez S/N, Peñuela, Amatlán de los Reyes 94945, Veracruz, México

²Unidad Académica de Biotecnología y Agroindustrial, Universidad Politécnica de Huatusco, Calle 9 Sur entre Avenidas 7 y 9 S/N, Centro, Huatusco 94100, Veracruz, México.

✉Autor de correspondencia: miguelgarcia05@uv.mx

RESUMEN. En los agroecosistemas ornamentales, incluidas las heliconias, las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) representan un grupo de insectos abundante y diverso. Algunos estudios han demostrado que el aumento en la complejidad estructural de la vegetación incrementa su diversidad, sin embargo, no existe algún trabajo donde se evalúe el efecto de las prácticas de manejo agrícola sobre estos insectos. En este estudio se evaluó la respuesta de la riqueza y similitud de los ensamblajes de hormigas asociados a seis agroecosistemas de heliconias ornamentales con diferente manejo agrícola en el centro de Veracruz. Los muestreos de hormigas fueron realizados en los estratos subterráneo, epigeo y herbáceo de los agroecosistemas de heliconias ornamentales estudiados. La mirmecofauna asociada a los agroecosistemas de heliconias ornamentales se integró en total por 8,596 individuos de la casta obrera pertenecientes a 77 especies, 32 géneros, 14 tribus y 7 subfamilias. El impacto de la horticultura ornamental sobre la conservación de la biodiversidad en regiones tropicales radica principalmente en la intensificación de las prácticas de manejo agrícola. Además, en este estudio se confirmó que la mirmecofauna responde significativamente al uso excesivo de agroquímicos, mostrando principalmente un empobrecimiento de la diversidad alfa (riqueza de especies).

Palabras clave: Agroecología, biodiversidad, horticultura, composición, riqueza

Myrmecofauna response to the agricultural management of ornamental heliconia agroecosystems

ABSTRACT. In ornamental agroecosystems, including heliconias, ants (Hymenoptera: Formicidae) represent an abundant and diverse group of insects. Some studies have shown that the increase in the structural complexity of vegetation increases its diversity, however, there is no work where the effect of agricultural management practices on these insects is evaluated. In this study, we evaluated the response of the richness and similarity of ant assemblages associated with six agroecosystems of ornamental heliconias with different agricultural management in central Veracruz. Ant sampling was performed in the subterranean, epigeous and herbaceous strata of the ornamental heliconias agroecosystems studied. The mirmecofauna associated with the agroecosystems of ornamental heliconias was integrated in total by 8,596 individuals of the worker caste belonging to 77 species, 32 genera, 14 tribes and 7 subfamilies. The impact of ornamental horticulture on the conservation of biodiversity in tropical regions lies mainly in the intensification of agricultural management practices. In addition, in this study we demonstrated that the mirmecofauna responds significantly to the excessive use of agrochemicals, mainly showing an impoverishment of the alpha diversity (species richness).

Keywords: Agroecology, biodiversity, horticulture, composition, richness.

INTRODUCCIÓN

En los agroecosistemas ornamentales, incluidas las heliconias, las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) representan un grupo de insectos abundante y diverso entre la entomofauna asociada (Aristizábal *et al.* 2013). Su importancia ecológica en los agroecosistemas se debe a su influencia en diversos procesos de los ecosistemas y su incidencia está asociada a las interacciones que

sostienen con ciertas comunidades de plantas o invertebrados (Murguía *et al.* 2018b). Por lo tanto, se han utilizado eficazmente como herramientas útiles para evaluar y monitorear los cambios en la biodiversidad asociada a diversos agroecosistemas (Landeró *et al.*, 2014a, b).

Hasta el momento, existen pocos estudios preliminares sobre las hormigas asociadas a agroecosistemas de heliconias ornamentales (Souza, 2009; Aristizábal *et al.*, 2013; Landeró *et al.*, 2014a,b). A pesar de que algunos estudios han demostrado que el aumento en la complejidad estructural de la vegetación incrementa la diversidad de hormigas (Landeró *et al.*, 2014a), la influencia de las prácticas de manejo agrícola que podrían potencialmente influir en estos ensamblajes ha sido poco estudiada (Aristizábal *et al.*, 2013; Landeró *et al.*, 2014b). Este estudio tiene como objetivo evaluar la respuesta de los ensamblajes de hormigas al manejo agrícola practicado en seis agroecosistemas de heliconias ornamentales. En particular, se compara y se evalúan los cambios en la diversidad alfa (abundancia y riqueza de especies) de los ensamblajes de hormigas.

MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio se realizó en el Valle de Tuxpango, ubicado en el municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz, México. El clima es cálido-húmedo, con una temperatura media anual de 20 °C y una precipitación de 2,199 mm. En el área existen tres épocas climáticas distintas: una seca y cálida (de marzo a junio), una húmeda y cálida (de julio a octubre) y una seca y fresca (noviembre a febrero) (Murguía *et al.* 2018a). En esta región se seleccionaron 6 agroecosistemas, donde son cultivadas diferentes especies de heliconias ornamentales, ubicados entre los 750 y 820 m sobre nivel del mar y a una distancia de 1.2 a 6.5 km (ver Resultados y Discusión para mayor detalle sobre la caracterización de los sistemas agroecológicos). El tamaño de los agroecosistemas osciló entre 0.79 y 1.75 ha. La cobertura del paisaje está compuesta de selva mediana subperennifolia, asentamientos humanos, cultivos ornamentales y de hortalizas (Murguía *et al.*, 2018a).

El muestreo de hormigas se realizó durante las temporadas de lluvias, de agosto a septiembre de 2016. Las recolecciones se realizaron en un transecto de 200 m de longitud en cada agroecosistema y a lo largo de este se ubicaron 10 estaciones de muestreo cada 20 m de distancia. En cada estación se colocaron dos trampas de caída, cebadas con atún en aceite, en los estratos subterráneo (10 cm de profundidad) y epigeo (al nivel del suelo) y una cebada con miel colocada sobre las heliconias cultivadas entre 1.5 y 2 m de altura. Estas fueron recuperadas después de 72 h de exposición en el campo. Los especímenes fueron determinados a nivel de género siguiendo la clave de Mackay y Mackay (1989) y varias claves para la identificación de especies dependiendo del género involucrado.

La completitud del inventario de especies de hormigas se estimó como la cobertura de la muestra en cada agroecosistema (Chao y Jost, 2012). Para comparar la riqueza de especies se estandarizaron los ensambles (muestras comparadas a porciones iguales de la comunidad) a través de la extrapolación e interpolación de las coberturas de sus muestras de referencia (Chao y Jost, 2012). Estos cálculos se realizaron con el programa iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la caracterización de los sistemas agroecológico, en los sitios estudiados se siembran de 2 a 6 especies de heliconias ornamentales. Las especies sembradas fueron *Heliconia bihai* L. cv. 'Lobster', *H. bourgaeana* Petersen cv. 'Purple Bourgaeana', *H. stricta* Huber cv. 'Iris', *H. rostrata* Ruiz & Pav. cv. 'Dwarf', *H. collinsiana* Griggs. cv. 'Collinsiana', *H. latispatha* Benth. cv. 'Organge' y *H. wagneriana* Petersen 'Rainbow'. Considerando diversas características

y prácticas de manejo agrícola de los agroecosistemas de heliconias ornamentales, estos fueron categorizados como “Rústicos”, “Diversificados” o “Intensivos” (Cuadro 1). Los agroecosistemas “Rústicos” estuvieron caracterizados por no aplicar ningún tipo de agroquímico, mientras que los agroecosistemas “Diversificados” presentaron una cantidad moderada (entre 1 y 18) de aplicaciones de agroquímicos. Finalmente, los agroecosistemas con manejo agrícola “Intensivo” presentaron un uso de agroquímicos de 2 a 24 aplicaciones por año. El manejo agrícola “Rústico” de estos agroecosistemas ornamentales ha sido mencionado previamente por Landero et al. (2014a), sin embargo, dichos autores caracterizaron únicamente un agroecosistema donde era cultivada la especie *H. psittacorum* L. cv. ‘Red’. Estos autores sugieren que un agroecosistema de heliconias ornamentales manejado de esta forma puede actuar como un reservorio para la mirmecofauna y probablemente para otras comunidades de invertebrados.

Cuadro 1. Características y prácticas de manejo agrícola de los agroecosistemas de heliconias ornamentales estudiados en el Valle de Tuxpango en Ixtaczoquitlán, Veracruz, México. En todos los agroecosistemas únicamente se contabilizó el uso de insumos agrícolas de origen químico (sintéticos).

Manejo Agroecosistema (Repetición)	Rústico		Diversificado		Intensivo	
	1	2	1	2	1	2
Latitud N	18°49'20	18°49'47	18°49'19	18°50'70	18°49'27	18°48'51
Longitud W	96°58'14	96°59'49	97° 1'14	97°01'52	97°00'24	97°00'40
Elevación (m s.n.m)	750	794	818	820	796	817
Área (ha)	0.79	0.91	1.05	1.6	1.75	1.5
Cobertura del suelo por hojarasca (%)	81	75	35	29	1	3
Cobertura del suelo por hierbas (%)	1	5	30	25	5	1
Cobertura del suelo por pastos (%)	1	4	30	26	4	1
Suelo desnudo (%)	17	16	5	20	90	95
Uso de fertilizantes (aplicaciones/año)	12	12	18	18	24	24
Uso de fungicidas (aplicaciones/año)	0	0	0	0	2	3
Uso de herbicidas (aplicaciones/año)	0	0	1	1	4	4
Uso de insecticidas (aplicaciones/año)	0	0	12	10	20	24

La mirmecofauna asociada a los agroecosistemas de heliconias ornamentales se integró en total por 8596 individuos de la casta obrera pertenecientes a 77 especies, 32 géneros, 14 tribus y 7 subfamilias (Cuadro 2). La subfamilia Myrmicinae presentó el mayor número de tribus, géneros y especies, seguida por Formicinae y Dolichoderinae. El género *Camponotus* presentó el mayor número de especies (14 spp.), seguido por *Pheidole* y *Pseudomyrmex* (7 spp. cada uno), *Azteca* (5 spp.) y *Crematogaster*, *Solenopsis* y *Tapinoma* (4 spp. cada uno). Los géneros *Brachymyrmex*, *Cephalotes*, *Dorymyrmex*, *Gnamptogenys*, *Labidus*, *Neoponera* y *Nylanderia* estuvieron representados por 2 especies, mientras que los 18 géneros restantes únicamente por una especie.

De acuerdo con sus preferencias de selección de hábitat, las especies de hormigas colectadas pueden inclinarse por hábitats más complejos como los agroecosistemas rústicos o más simplificados como los intensivos (Cuadro 1). En los agroecosistemas rústicos se registraron especies neotropicales pertenecientes a los géneros *Azteca*, *Ectatomma*, *Labidus*, *Pseudomyrmex* o *Tapinoma* que son altamente sensibles a los factores ambientales que pueden incrementar el riesgo de desecación, como la insolación y la baja humedad (Landero et al. 2014a). En cambio, en los agroecosistemas intensivos fueron capturadas especies con predilección por los hábitats abiertos y expuestos al sol como *Forelius* sp., *Nylanderia steinheili*, *Pheidole* spp. y *Solenopsis geminata* (Landero et al. 2014b).

Cuadro 2. Frecuencia de captura de las especies de hormigas colectadas en seis agroecosistemas de heliconias ornamentales en el Valle de Tuxpango en Ixtaczoquitlán, Veracruz, México.

Subfamilia	Tribu	Especie	Rústico		Diversificado		Intensivo			
			1	2	1	2	1	2		
Dolichoderinae	Dolichoderini	<i>Dolichoderus</i> sp.		7		14		11		
		Leptomymecini	<i>Azteca</i> sp. 1	1	1	1	1		1	
	<i>Azteca</i> sp. 2		1	2	1	1				
	<i>Azteca</i> sp. 3		1	1	1	1		19		
	<i>Azteca</i> sp. 4			4		8				
	<i>Azteca</i> sp. 5		1	2						
	<i>Dorymyrmex flavus</i> McCook, 1880							4	2	
	<i>Dorymyrmex insanus</i> (Buckley, 1866)							16		
	<i>Forelius</i> sp.							11	12	
	<i>Linepithema dispertitum</i> (Forel, 1885)				9	7		13	17	
	Tapinomini		<i>Tapinoma</i> aff. <i>Ramulorum</i>	1	1	1	1			
			<i>Tapinoma litorale</i> Wheeler, 1905		4	8	8			
			<i>Tapinoma</i> sp. 1	6	7	12	14			
			<i>Tapinoma</i> sp. 2	8	1	1	1			
Dorylinae	Insertae sedis	<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	5	6						
		<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)	9							
Ectatomminae	Ectatommini	<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	4	3	5	4				
		<i>Gnamptogenys</i> sp.	6							
		<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	4	6						
Formicinae	Camponotini	<i>Camponotus abscisus</i> Roger, 1863	1	1	1	2		12		
		<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)			4					
		<i>Camponotus brettesi</i> Forel, 1899	5	3	1			15		
		<i>Camponotus claviscapus</i> Forel, 1899	3	1	6			19		
		<i>Camponotus conspicuus</i> (Smith, 1858)		4						
		<i>Camponotus curviscapus</i> Emery, 1896	6	7						
		<i>Camponotus</i> sp. 1	7	3						
		<i>Camponotus</i> sp. 2	7	1	14	1				
		<i>Camponotus</i> sp. 3		6						
		<i>Camponotus</i> sp. 4	4	3	8	6				
		<i>Camponotus</i> sp. 5				8				
		<i>Camponotus</i> sp. 6			10	8				
		<i>Camponotus</i> sp. 7	1	11	6	10				
	<i>Camponotus</i> sp. 8	3					1	19		
	Lasiini	<i>Nylanderia</i> sp. 1		1	2	4				
		<i>Nylanderia steinheili</i> (Forel, 1893)						20		
	Myrmelachistini	<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	6	3	5	1				
		<i>Brachymyrmex musculus</i> Forel, 1899	3	9	7	9				
		<i>Myrmelachista</i> sp.			14	2				
	Myrmicinae	Attini	<i>Acromyrmex octospinosus</i> (Reich, 1793)		2		3		12	
<i>Cephalotes multispinosus</i> (Norton, 1868)			5	4	10	8				
<i>Cephalotes scutulatus</i> (Smith, 1867)			3	5	6	10				
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)			5	3	9	9		2		
<i>Mycetophylax</i> sp.			3	4						
<i>Myocepurus smithii</i> (Forel, 1893)			4							
<i>Pheidole</i> sp. 1								7	1	
<i>Pheidole</i> sp. 2								18	13	
<i>Pheidole</i> sp. 3								4	18	
<i>Pheidole</i> sp. 4									19	
<i>Pheidole</i> sp. 5		2	4	5	1					
<i>Pheidole</i> sp. 6								14		
<i>Pheidole</i> sp. 7								18		
Crematogastrini		<i>Strumigenys margaritae</i> Forel, 1893	5	1	3	5				
		<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	11	14	8	9				
		<i>Cardiocondyla emeryi</i> Forel, 1881			6	7				
		<i>Carebara</i> sp.	1	2		1				
	<i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862						15	16		
	<i>Crematogaster</i> sp. 1		3				1	1		

Cuadro 2. Continuación

Subfamilia	Tribu	Especie	Rústico		Diversificado		Intensivo	
			1	2	1	2	1	2
		<i>Crematogaster</i> sp. 2					1	1
		<i>Crematogaster</i> sp. 3					1	7
		<i>Nesomyrmex</i> sp.	5					
		<i>Tetramorium</i> sp.					6	
	Solenopsidini	<i>Monomorium ebeninum</i> Forel, 1891			11	12		
		<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	3	6	16	12	20	19
		<i>Solenopsis</i> sp. 1						15
		<i>Solenopsis</i> sp. 2	13	16	5	2		
		<i>Solenopsis</i> sp. 3			4	1	15	18
	Stenammini	<i>Stenamma</i> sp.	2	6				
Ponerinae	Ponerini	<i>Leptogenys</i> sp.	1	1				
		<i>Neoponera</i> sp.	4	3				
		<i>Neoponera unidentata</i> (Mayr, 1862)	5	3				
Pseudomyrmecinae	Pseudomyrmecini	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	6					
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	2	2				
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	7					
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 4	4	3				
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 5	2	2				
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 6	4	3				
		<i>Pseudomyrmex</i> sp. 7	5	3				

El promedio de la completitud del inventario de especies fue del 96% con un rango de variación entre el 94 (observado en el agroecosistema diversificado 2) y el 98% (en el agroecosistema intensivo 2). Esta alta eficiencia de muestreo permite que este estudio proponga inferencias sólidas con un alto nivel de confiabilidad de los efectos de la intensificación en el manejo agrícola de los agroecosistemas de heliconias ornamentales sobre los ensamblajes de hormigas. El número de especies de hormigas asociadas a los agroecosistemas muestreados varió significativamente entre 18 (observadas en el intensivo 2) y 48 (en rústico 2) especies (Fig. 1). Estos resultados sugieren que la riqueza de especies de hormigas, y probablemente de otros grupos de insectos, disminuye significativamente cuando aumentan la intensificación en el manejo agrícola de estos agroecosistemas ornamentales.

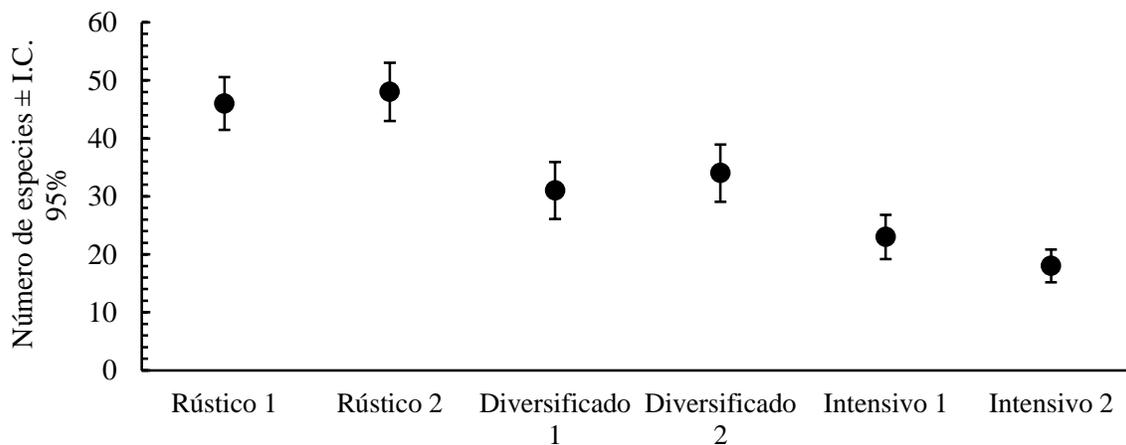


Figura 1. Comparación de la riqueza de especies ± intervalos de confianza al 95% entre seis agroecosistemas de heliconias ornamentales con diferente manejo agrícola en el Valle de Tuxpango, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México

En términos generales, los valores de riqueza de especies fueron más altos en los agroecosistemas rústicos y mucho más bajos en los intensivos. Este patrón que indica la riqueza de especies podría estar relacionado con la complejidad o simplificación estructural del hábitat de los agroecosistemas de heliconias ornamentales que causa el manejo agrícola practicado en ellos (Cuadro 1). Este hallazgo coincide parcialmente con lo reportado por otros estudios sobre la mirmecofauna asociada a agroecosistemas ornamentales, incluyendo heliconias, que han sido realizados en la misma área de estudio (Landroero *et al.*, 2014a, b). Dichos autores sugieren que los agroecosistemas ornamentales donde es sembrada *Heliconia psittacorum* pueden actuar como reservorios para la diversidad de hormigas proveniente de la vegetación nativa (selva mediana subperennifolia). Sin embargo, hasta el momento no se había mostrado categóricamente como disminuye paulatinamente la riqueza y cambia la composición de especies de hormigas cuando el manejo agrícola practicado pasa de “Rústico” a “Intensivo” en este tipo de agroecosistemas ornamentales. Por esta razón, este estudio plantea interrogantes sobre los factores locales específicos, relacionados con el manejo agrícola, que podrían estar influyendo sobre la composición, riqueza y abundancia de hormigas asociada a los agroecosistemas de heliconias ornamentales.

CONCLUSIONES

El impacto de la horticultura ornamental sobre la conservación de la biodiversidad en regiones tropicales radica principalmente en la intensificación de las prácticas de manejo agrícola. En este estudio se sugiere que la composición y riqueza de la mirmecofauna puede responder negativamente a la intensificación agrícola de los agroecosistemas de heliconias ornamentales, mostrando principalmente un empobrecimiento de la diversidad alfa (riqueza de especies). Nuestro inventario de especies sugiere que algunas especies de hormigas, altamente sensibles a cambios en las condiciones ambientales, no habitan los agroecosistemas caracterizados por presentar un manejo agrícola intensivo.

LITERATURA CITADA

- Aristizábal, L. F., Ospina, K. A., Vallejo, U. A., Henao, E. R., Salgado, M., and S. P. Arthurs. 2013. Entomofauna associated with *Heliconia* spp. (Zingiberales: Heliconiaceae) grown in the central area of Colombia. *Florida Entomologist*, 96(1): 112–119.
- Chao, A. and L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93: 2533–2547.
- Hsieh, T. C., Ma K. H. and A. Chao. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12): 1451-1456.
- Landroero, I., García-Martínez, M. Á., Galindo-Tovar, M. E., Leiva-Ovalle, O. R., Lee-Espinosa, H. E., Murguía-González, J., and J. Negrín-Ruiz. 2014a. An ornamental heliconias crop as a reservoir of the native myrmecofauna: A case of tropical horticulture in central Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39(1): 135–146.
- Landroero, I., Madrid-Ñeco, I., Valenzuela-González, J. E., Galindo-Tovar, M. E., Leyva-Ovalle, O. R., Murguía-González, J., and M. A. Garcia-Martinez. 2014b. Myrmecofauna from three ornamental agroecosystems with different management and a forest remnant in Ixtaczoquitlán, Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39(4): 783–796.
- Mackay, W. P., and E. E. Mackay. 1989. Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae), pp. 1-82. In L. N. Quiroz-Robledo, and L. M. P. Garduño-

- Hernández [eds.], Memorias del II Simposio Nacional de Insectos Sociales. SME-CIEAMAC. Oaxtepec, Morelos, México.
- Murguía, J., Landero-Torres, I., Leyva-Ovalle, O. R., Galindo-Tovar, M. E., Llarena-Hernández, R. C., Presa-Parra, E., and M. A. García-Martínez. 2018a. Efficacy and cost of trap-bait combinations for capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in ornamental palm polycultures. *Neotropical Entomology*, 47(2): 302–310.
- Murguía, J., Leyva-Ovalle, O. R., Galindo-Tovar, M. E., Landero-Torres, I., Llarena-Hernández, R. C., and M. A. García-Martínez. 2018b. New records of ants in Oaxaca, Mexico: Their agricultural importance in sugarcane crops. *Agrociencia*, 52(3): 379–391.
- Souza F., F. Broglio-Micheletti, M. Moura-Lima, M. Cerqueira de Araújo, C. Delabie, and J. Hubert. 2009. Avaliação preliminar da mirmecofauna associada ao agronegócio floricultura com *Heliconia* spp. (Heliconiaceae) no estado de Alagoas, Brasil. *Revista Caatinga*, 22: 1-4.