

RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE HORMIGAS EN TRES FRAGMENTOS DE BOSQUE TEMPLADO CON DIFERENTE NIVEL DE DISTURBIO

Rafael Guzmán-Mendoza¹✉, Josefina Calzontzi-Marín², Manuel Darío Salas-Araiza¹, Eduardo Salazar-Solís¹, Diana Sanzón-Gómez¹ y Rosario Martínez-Yáñez¹

¹Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, km 9 Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, C. P. 36821, Guanajuato, México.

²Consultora independiente en Agroindustria Rural, Turismo Agroalimentario y Desarrollo Territorial, Localidad Guarda de la Lagunita San José del Rincón, México C.P. 50630.

✉ Autor de correspondencia: rgzmz@yahoo.com.mx

RESUMEN. Los bosques templados son importantes para México por la cantidad de especies, los endemismos y los aportes que generan a la sociedad. Sin embargo, son susceptibles a cambios por actividades humanas con poca información sobre los efectos ejercidos en la fauna. En este sentido las hormigas, son candidatas para el monitoreo ambiental a pesar de que la cantidad e identidad de las especies no están del todo conocidas en el país. El objetivo fue registrar y comparar durante la temporada de lluvias la riqueza mirmecológica encontrada en tres bosques templados con distinto nivel de disturbio. En cada bosque se colocaron trampas de caída y los ejemplares recolectados fueron contados e identificados en laboratorio, se realizaron cálculos de diversidad y abundancia para conocer la estructura de las comunidades. Se identificaron 30 especies de hormigas, donde la mayor riqueza y abundancia se observó en el bosque con más disturbio, mientras que la diversidad fue igual entre el bosque reforestado y el conservado, pero con valores bajos de dominancia y altos en equitatividad en este último. Además de proporcionar una evaluación de los cambios ocurridos en estos bosques, se considera importante reconocer la funcionalidad de las especies para clarificar los efectos del disturbio.

Palabras clave: Interdisciplinariedad, transdisciplinariedad, bioindicadores, ecología funcional, etnobiología.

Diversity and species richness of ants from three fragment temperate forest with different disturbing level

ABSTRACT. Tempering forests are important to Mexico due to species number, endemisms and contributions that they give to society. Even so, they are sensitive to modifications by human activities with scarce information on fauna effects. In this sense the ants are candidates for environmental monitoring, although the amount and identity of their species are not entirely known. The aim was to record and compare on rainy season the mirmecological richness found in three temperate forests with distinctive disturbing level. In each forest was put pitfall traps and recollecting specimens were counted and identified in the laboratory, also diversity and abundance were calculated in order to know the community structure. 30 ant species were identified, where the highest richness and abundance were observed in the forest with more disturbance, while diversity was equal between reforested forest and conserved forest, but small dominance and high evenness values in the last forest. In addition to providing an assessment of changes that have occurred in these forests, it is important to recognize the functionality of species in order to clarify the disturbing effects.

Keywords: Interdisciplinarity, transdisciplinarity, bioindicators, functional ecology, ethnobiology.

INTRODUCCIÓN

Los bosques templados de México son un complejo de tipos de vegetación característicos de regiones montañosas de afinidad Neártica, importantes por sus endemismos (Villareal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2005). Otro aspecto relevante relacionado con los bosques templados, radica en la utilidad práctica y los beneficios que pueden proporcionar a partir de los recursos que poseen, y de los que hacen uso las poblaciones humanas inmersas en estos ambientes, como los recursos maderables aunados a valores económicos, sociales y culturales (González-Espinosa *et al.*, 2007).

Sin embargo, este tipo de biomas enfrentan una problemática ambiental severa, pues son las zonas ecológicas más susceptibles a cambios por actividad antropogénica (Bocco *et al.*, 2001), con datos poco precisos sobre la tasa de pérdida de cobertura vegetal.

Por tal razón, es importante estimar los cambios que el disturbio genera por medio de taxa de alta diversidad como los insectos y en particular las hormigas que destacan por múltiples rasgos ecológicos, como su abundancia, diversidad, papeles funcionales y sensibilidad a cambios ambientales (Alonso y Agosti, 2000), por lo que su uso como herramientas de evaluación ambiental puede ser importante. No obstante, el problema de muchos grupos de insectos, donde las hormigas no son la excepción, es que hacen falta recolectas sistematizadas en numerosas partes del país, sobre todo en aquellas regiones con importancia ambiental y/o cultural, como los bosques templados del centro de México, que además de brindar servicios ecosistémicos importantes como la recarga de mantos acuíferos que son vitales para las grandes ciudades, se encuentran inmersos dentro de áreas de distribución con significado cultural y ancestral. De esta forma el objetivo de este trabajo fue, registrar y comparar durante la temporada de lluvias la riqueza mirmecológica encontrada en tres bosques templados con distinto grado de disturbio, ubicados en la porción norte del Estado de México, una zona escasamente estudiada en cuanto a la entomofauna, a pesar de su cercanía con la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, y de formar parte de Santuarios de Conservación de Flora y Agua Presas Brokman-Villa Victoria (List *et al.*, 2009).

MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio. El trabajo se realizó en tres zonas de bosque templado del noroeste del Estado de México. De acuerdo con la fisonomía vegetal, los bosques se identificaron en tres categorías de disturbio: Bosque conservado (BC), 19° 45' 48" N, 99° 59' 20" W, con árboles característicos de un bosque sin disturbio como *Quercus rugosa* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl., *Q. crassipes* Humb. & Bonpl.; *Arbutus xalapensis* Kunth, *Alnus* sp., y *Pinus* sp.; Bosque mixto (BM), 19° 43' 06" N, 100° 05' 38" W, que además de contar con árboles de bosque primario, la presencia de *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex. Endl., mostró evidencia de modificaciones por reforestación y Bosque reforestado (BR), 19° 40' 30" N, 100° 05' 51" W, que consistió de un bosque monoespecífico de *C. lindleyi*, con especies reportadas como indicadoras de disturbio en su estrato arbustivo-herbáceo.

Recolecta de ejemplares. En cada zona de estudio, se eligió un área de 2500 m² donde fueron colocadas 16 trampas de caída, con al menos 10 metros de separación entre ellas. Se realizaron muestreos de agosto a septiembre del 2010, considerado como la época de lluvias y de mayor actividad de hormigas. Las trampas fueron elaboradas con envases de plástico de 500 ml de capacidad, con 11 cm de diámetro y 13 cm de altura, éstas fueron enterradas a nivel de suelo y se siguió el protocolo estándar mencionado por Bestelmeyer *et al.* (2000); además, se les añadió un cebo de avena y miel y el líquido fijador utilizado fue etilenglicol. Los insectos capturados en las trampas fue vaciado sobre tela organza colocada sobre una delgada capa de agua para separar por flotación, el detritus y organismos menores a 0.3 cm. Las hormigas obtenidas fueron almacenadas en viales con alcohol al 70 % para su identificación utilizando distintas claves para el grupo.

Análisis estadístico. Para la riqueza y la diversidad, los valores de la cantidad de individuos por especie y por trampa fueron sumados para cada zona y se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H'), índice de equitatividad de Pielou (J') e índice de dominancia de Simpson (1/λ). Los valores del índice de Shannon fueron utilizados para comparar estadísticamente entre los tipos de bosque con la prueba de t de Hutcheson. Todos estos análisis fueron realizados con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Partiendo de una matriz de presencia-ausencia recomendada por Sarmiento-M (2003), fue construida una curva de acumulación máxima potencial de especies para

cada zona de bosque utilizando el modelo de Chao-1. Con la finalidad de reconocer la estructura de las comunidades en función de la abundancia, se construyó una curva de rango-abundancia con los datos transformados a $\sqrt{n} + 0.5$ para minimizar las varianzas ocasionadas por la conducta social de las hormigas. Posteriormente se comparó la cantidad de hormigas por tipo de bosque con un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. En caso de diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples LSD, con la finalidad de reconocer dichas diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza y diversidad de especies. Durante el periodo en estudio fueron encontradas 30 especies de las cuales en el bosque conservado (BC) fueron cuantificadas 13 especies, mientras que en el bosque mixto (BM) $S = 16$ y en el bosque reforestado (BR) $S = 23$, siendo *L. apiculatum*, *Camponotus* sp. 1 y *Pheidole* sp. 3 las especies más abundantes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado y abundancia de las especies encontradas en una región de bosque templado con distinto nivel de disturbio. BC = bosque conservado, BM = bosque mixto y BR = bosque reforestado; (-) sin registro

Taxa	BC	BM	BR	Promedio \pm EE
Dolichoderinae				
<i>Dorymyrmex flavopectus</i> Smith, 1944	-	-	44	0.6 \pm 0.3
<i>Dorymyrmex</i> sp.	-	-	4	0.05 \pm 0.1
<i>Liometopum apiculatum</i> Mayr, 1870	-	-	463	6.6 \pm 0.6
Ecitoninae				
<i>Labidus coecus</i> Latreille, 1802	12	-	-	0.1 \pm 0.4
<i>Neivamyrmex manni</i> Wheeler, 1914	-	1	1	0.02 \pm 0.1
<i>Neivamyrmex opacithorax</i> Emery, 1894	-	-	35	0.5 \pm 0.5
Formicinae				
<i>Camponotus atriceps</i> Smith, 1858	2	7	15	0.3 \pm 0.1
<i>Camponotus</i> sp. 1	-	10	981	14.1 \pm 1.6
<i>Camponotus</i> sp. 2	-	-	2	0.02 \pm 0.1
<i>Formica</i> sp.	-	-	14	0.2 \pm 0.2
Myrmicinae				
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	1	-	0.02 \pm 0.1
<i>Crematogaster</i> sp.2	1	-	-	0.01 \pm 0.1
<i>Crematogaster</i> sp.3	-	1	-	0.01 \pm 0.1
<i>Crematogaster</i> sp.4	2	-	-	0.02 \pm 0.1
<i>Monomorium cyaneum</i> Wheeler, 1914	-	-	11	0.1 \pm 0.1
<i>Monomorium</i> sp.	-	-	93	1.3 \pm 0.5
<i>Pheidole</i> sp. 1	6	155	355	7.3 \pm 1.0
<i>Pheidole</i> sp. 2	-	10	39	0.7 \pm 0.3
<i>Pheidole</i> sp. 3	1	153	602	10.8 \pm 1.2
<i>Pheidole</i> sp. 4	-	-	156	2.2 \pm 1.0
<i>Pheidole</i> sp. 5	-	2	10	0.1 \pm 0.2
<i>Pheidole</i> sp. 6	5	2	2	0.1 \pm 0.1
<i>Pheidole</i> sp. 7	4	1	4	0.1 \pm 0.1
<i>Pheidole</i> sp. 8	-	5	15	0.2 \pm 0.2
<i>Solenopsis geminata</i> Fabricius, 1804	-	19	-	0.2 \pm 0.3
<i>Temnothorax</i> sp. 1	29	26	29	1.2 \pm 0.3
<i>Temnothorax</i> sp. 2	36	3	4	0.6 \pm 0.3
<i>Temnothorax</i> sp. 3	4	-	-	0.05 \pm 0.1
<i>Tetramorium</i> sp.	8	25	23	0.8 \pm 0.2
Ponerinae				
<i>Odontomachus clarus</i> Roger, 1861	-	-	2	0.02 \pm 0.1

De acuerdo a las curvas de acumulación máxima potencial de especies ninguna recolecta logró la asíntota, por lo que este resultado sugiere incrementar el esfuerzo de muestreo. A pesar de lo anterior, se logró apreciar que la riqueza de especies de hormigas entre BC y BR es similar, por lo que es probable encontrar una mayor riqueza de especies incrementando el número de trampas en BC (Fig. 1).

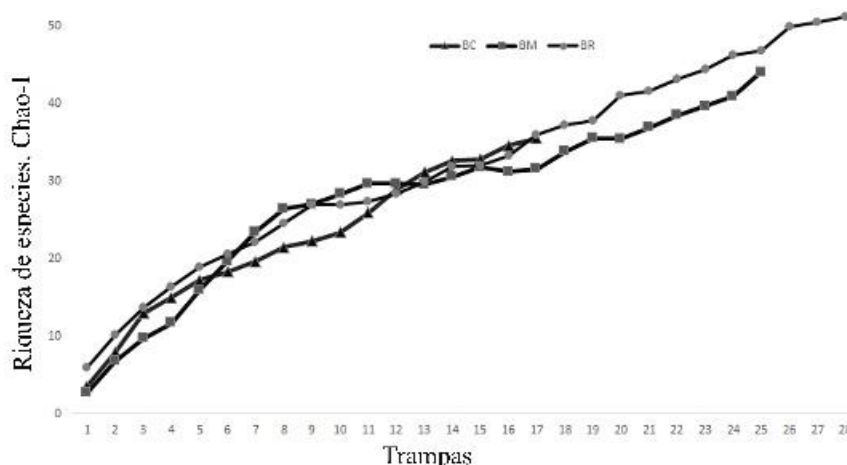


Figura 1. Curvas de acumulación máxima potencial de especies con el modelo Chao-1 para especies de hormigas encontradas en bosque con distinto grado de disturbio.

En cuanto a la diversidad, esta fue mayor en el BC en comparación con el BM ($t_{0.05 (2)}_{197.01} = 2.67$, $p = 0.0081$), mientras que la comparación entre BM y BR sugiere que el bosque reforestado tuvo una diversidad significativamente mayor ($t_{0.05 (2)}_{533.68} = 4.58$, $p < 0.0001$). Finalmente la comparación entre BC-BR, no generó diferencias significativas entre sus índices de diversidad. Adicionalmente los valores de dominancia fueron más altos en BM y BR en comparación con BC, estos resultados correspondieron a los valores encontrados para la aqutatividad, donde BC fue el bosque con mayor nivel de equitatividad que BM y BR (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de diversidad, dominancia e igualdad para las comunidades de hormigas presentes en bosques con distinto grado de disturbio.

Bosque	Diversidad	Dominancia	Equitatividad
BC	1.95	0.19	0.54
BM	1.65	0.27	0.32
BR	1.93	0.20	0.30

Por otro lado, los resultados sugieren que la estructura de las comunidades fue diferente entre los tipos de bosque, por ejemplo en BM la comunidad fue marcadamente dominada por especies de *Pheidole*, mientras que en BR la especie dominante fue *Camponotus* sp. 1 y en BC fueron dos especies de *Temnothorax* (Fig. 2).

Abundancia de hormigas. La subfamilia más abundante en todos los fragmentos de bosque evaluados fue Myrmicinae ($n = 1843$, prom. = 32.3, E.E. = ± 2.23), seguida de Formicinae ($n = 1031$, 85.9 ± 8.78), Dolichoderinae ($n = 511$, 56.7 ± 6.7) y Ecitoninae ($n = 49$, 5.4 ± 1.67), en el caso de Ponerinae sólo se registró una especie (*O. clarus*) encontrada en BR. En cuanto a las especies, dos del género *Temnothorax* (sp. 1, $n = 29$, 0.9 ± 0.45 y sp. 2, $n = 36$, 1.1 ± 0.51) y *L. coecus* ($n = 12$, 0.3 ± 0.61) fueron las más abundantes en BC; mientras que *Pheidole* (sp. 1, $n = 155$, 4.8 ± 1.1 y sp. 3, $n = 153$, 4.7 ± 1.6) fueron notablemente más abundantes que todas las demás

especies registradas en BM; finalmente en BR cinco especies fueron las más abundantes, tres de *Pheidole* (sp. 1, $n = 355$, 11.0 ± 1.6 ; sp. 3, $n = 602$, 18.8 ± 1.8 y sp. 4, $n = 156$, 4.8 ± 1.5), *Camponotus* sp. 1 ($n = 981$, 30.6 ± 2.3) y *L. apiculatum* ($n = 463$, 14.4 ± 0.8). De acuerdo con el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis, la mayor cantidad de capturas se registró en BR ($\chi^2_{(0.05)3} = 7.23$, $p = 0.026$), mientras que los conteos obtenidos de BC y BM no generaron diferencias significativas (Fig. 3).

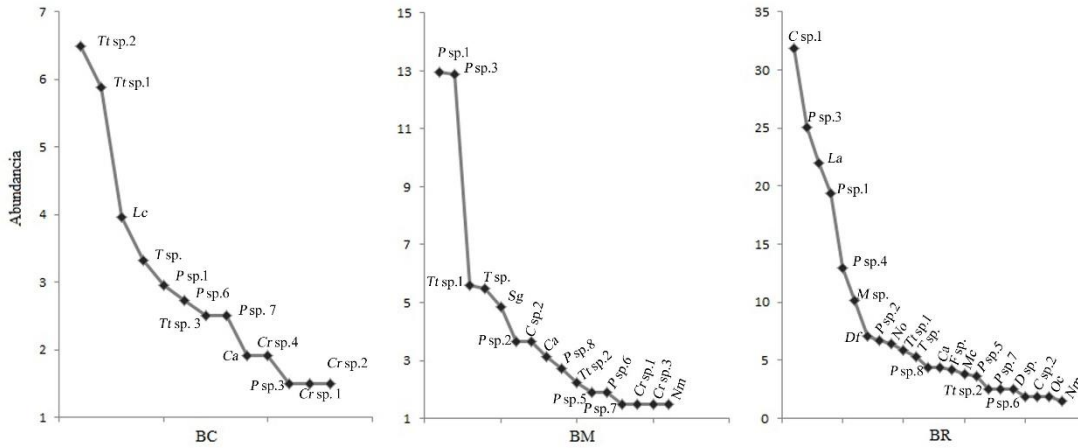


Figura 2. Curvas de rango-abundancia, ordenadas de mayor a menor abundancia para cada especie de hormiga encontrada en bosques con distinto grado de disturbio. Las letras indican la abreviación de las especies enlistadas en el cuadro 1. Datos transformados a $\sqrt{n} + 0.5$

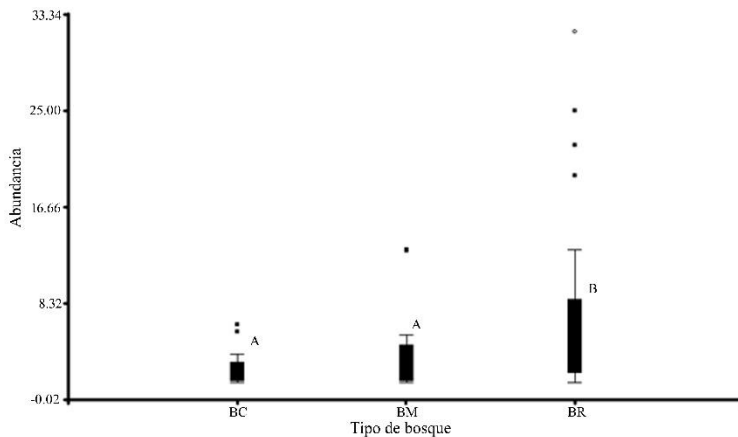


Figura 3. Datos de abundancia de hormigas capturadas durante el estudio. La longitud de las líneas de dispersión de las cajas muestra los cuantiles muestrales y los puntos por fuera de las líneas los valores extremos. Datos transformados a $\sqrt{n} + 0.5$. Letras diferentes indican diferencias significativas $\alpha = 0.05$ de acuerdo con la prueba LSD.

La reforestación parece no ejercer un efecto negativo sobre la diversidad en las comunidades de hormigas estudiadas, como se puede apreciar en los resultados los valores de diversidad entre BC y BR son estadísticamente iguales y la riqueza de especies presentó un gradiente de menor a mayor desde BC hasta BR. Sin embargo, los valores de equitatividad sugieren que las especies en BC están mejor representadas por sus abundancias que en BR, donde además la dominancia es ligeramente mayor, lo que coincide con la alta abundancia registrada en este bosque. De esta forma los resultados sugieren que el efecto de la reforestación, se refleja sobre la estructura de las comunidades de hormigas más que por la diversidad o la riqueza. Lo anterior permite indicar que

la evaluación del efecto de la reforestación debe ser abordada desde distintas perspectivas, como los rasgos funcionales de las especies. En este sentido, Guzmán-Mendoza (2013), apunta que la diversidad funcional puede arrojar información complementaria sobre el efecto de los disturbios más allá de los cambios registrados en la cantidad de especies, sus abundancias o diversidad; en una evaluación hecha en estos mismos bosques pero estudiando plantas, se encontró que la diversidad funcional es sensiblemente menor en el bosque reforestado que en el mixto y el conservado, siendo este último el más diverso. Desde ésta perspectiva las hormigas dominantes en BR fueron del género *Camponotus*, donde se han reportado especies carroñeras y depredadoras, que pueden ser oportunistas características de zonas sujetas a disturbio, que junto con la gran cantidad de especies de *Pheidole* ocasionan una marcada redundancia funcional, ya que junto con *C. atriceps* y otras Dolichoderinae, de géneros registrados aquí, son colonizadoras exitosas (Folgarait, 1998; Graham *et al.*, 2004). Como lo muestran las abundancias de las especies mencionadas anteriormente registradas en BR, las hormigas respondieron rápidamente a los recursos ofrecidos en las trampas, por lo que se encuentran adaptadas a estrategias de forrajeo que les permiten responder prontamente al encuentro de nuevas fuentes de recurso.

Ahondar en los aspectos funcionales de un grupo tan importante ecológicamente como las hormigas es sólo uno de los aspectos que deben ser considerados en trabajos de monitoreo ambiental. Tomando en cuenta que éstos organismos forman parte fundamental de las sociedades humanas (Guzmán-Mendoza, 2010), es significativo no olvidar la complejidad del problema por lo que aproximaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias son vitales para generar estrategias integrales de bioconservación.

CONCLUSIÓN

Se encontraron un total de 30 especies, siendo el bosque con mayor riqueza específica BC, pero en cuanto a diversidad tanto BC como BR tienen los mismos valores. Para evaluar los efectos de los disturbios por reforestación es necesario contar no sólo con la identificación de las especies sino también con información sobre los aspectos funcionales de los grupos estudiados, así como abordar el problema de la bioconservación desde un enfoque inter y transdisciplinario.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades locales quienes permitieron el acceso a los bosques comunales donde se realizó el estudio y al CONACyT por las becas de posgrado otorgadas al primer y segundo autor. A Gabriela Castaño por su asistencia en la identificación de las especies.

Literatura Citada

- Alonso, L. E. and D. Agosti. 2000. Biodiversity studies monitoring and ants: an overview. Pp. 1–8. In: Agosti, D., Majer, J. D., Alonso, L. E. and T.R. Schultz (Eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, United States of America.
- Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. E., Brandao, C. R. F., Brown Jr., W. L., Delabie, J. H. C. and R. Silvestre. 2000. Field techniques for study of grounddwelling ants: an overview, description and evaluation. Pp. 122–144. In: Agosti, D., Majer, J. D., Alonso, L. E. and T. R. Schultz (Eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, United States of America.
- Bocco, G., Mendoza, M. y O. M. Masera. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 44: 18–38.
- Folgarait, P. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. *Biodiversity and Conservation*, 7(9): 1221–1244.

- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., Holtz, S. C., Rey-Benayas, J. M. y M. R. Parra-Vázquez. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80: 11–23.
- Graham, J. H., Hughie, H. H., Jones, S., Wrinn, K., Krzysik, A. J., Duda, J. J., Freeman, D. C., Emlen, J. M., Zak, J. C., Kovacic, D. A., Chamberlin-Graham, C. and H. Balbach. 2004. Habitat disturbance and the diversity and abundance of ants (Formicidae) in the Southeastern Fall-Line Sandhills. *Journal of Insect Science*, 4(30): 1–15.
- Guzmán-Mendoza, R. 2013. *Efectos de la reforestación sobre los patrones de diversidad de artrópodos en una región de bosque templado del Centro de México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, 283 p.
- Guzmán-Mendoza, R. 2010. Los insectos: antiguos constructores del mundo. *Elementos*, 79: 29–33.
- List, R., Muñozcano, M. J. Q. y J. L. De la Peña. 2009. Áreas naturales protegidas. Pp. 339–350. *In*: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López, R., C., Muñozcano, M. J. Q., Collado, E. y J. E. San Román (Comps.). *La diversidad biológica del Estado de México*. Colección Mayor, Gobierno del Estado de México, México.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. and P. D. Ryan. 2001. *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia, Electronica* 4: 9 p. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. (Fecha de consulta: 2-II-2016).
- Sarmiento-M. C. E. 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Pp. 201–210. *In*: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Villareal-Quintanilla, J. A. y J. A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes México. *Acta Botánica Mexicana*, 70: 1–46.