



Hormigas forrajeras (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadores de impacto ambiental en diferentes usos de suelo

Foraging ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators of environmental impact in different land uses

Félix David Murillo-Cuevas¹, Jacel Adame-García^{1*}, José Antonio Fernández-Viveros¹, María Fernanda Aburto-Pérez¹

¹ Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas km 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz, México. C. P. 91667.

*Autor de correspondencia: jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

Recibido 20 de marzo 2024; recibido en forma revisada 25 de mayo 2024; aceptado 10 de noviembre 2024

RESUMEN

La actividad agrícola impacta considerablemente en la calidad de suelo, principalmente en las comunidades que allí habitan. Estas actividades han provocado una drástica disminución de especies de organismos. Debido a la gran diversidad y abundancia de las hormigas, estas son excelentes bioindicadores de disturbio en los ambientes. De tal forma que el objetivo del trabajo fue estimar la diversidad, equidad, riqueza y abundancia de hormigas forrajeras en cuatro condiciones diferentes de uso de suelo, con la finalidad de utilizar estos parámetros ecológicos como indicadores de perturbación ambiental. Las áreas de muestreo se ubicaron en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, en cuatro usos de suelo, los cuales fueron caña de azúcar, limón persa, silvopastoril y acahual. Se utilizaron dos parcelas de 50m² por área de muestreo y se colocaron cinco trampas pitfall para hormigas por

parcela. Se determinó la diversidad, equidad, riqueza y abundancia de hormigas. Para comparar los usos de suelo se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$. Se colectaron un total 2,896 hormigas, de las cuales se identificaron 13 especies. La especie *Cheliomyrmex* sp. fue la de mayor abundancia con 1,134 individuos en suelo con caña de azúcar, seguido de *Pachycondyla harpax* con 341 individuos en suelo con acahual, *Oligomyrmex* sp. con 202 individuos en suelo con limón persa y *Ectatomma ruidum* con 190 individuos en silvopastoril. Los suelos con limón persa y silvopastoril tuvieron un efecto negativo sobre la riqueza y diversidad de hormigas forrajeras.

Palabras Clave: Mirmecofauna edáfica, biodiversidad, acahual, caña de azúcar, silvopastoril.

ABSTRACT

Agricultural activity has a considerable impact on soil quality, mainly in the communities that live there. These activities have caused a drastic decrease in organism species. Due to the great diversity and abundance of ants, they are excellent bioindicators of disturbance in the environment. Thus, the objective of the work was to estimate the diversity, equity, richness and abundance of foraging ants in four different land use conditions, in order to use these ecological parameters as indicators of environmental disturbance. The sampling areas were located in the municipality of Úrsulo Galván, Veracruz, in four land uses, which were sugar cane, Persian lemon, silvopastoral and acahual. Two 50m² plots were used per sampling area and five pitfall traps for ants were placed per plot. The diversity, equity, richness and abundance of ants were determined. To compare the land uses, an analysis of variance and a Tukey mean test $\alpha=0.05$ were performed. A total of 2,896 ants were collected, of which 13 species were identified. The species *Cheliomyrmex* sp. was the most abundant with 1,134 individuals in soil with sugar cane, followed by *Pachycondyla harpax* with 341 individuals in soil with acahual, *Oligomyrmex* sp. with 202 individuals in soil with Persian lime and *Ectatomma ruidum* with 190 individuals in silvopastoral. The soils with Persian lime and silvopastoral had a negative effect on the richness and diversity of foraging ants.

Keywords: Soil myrmecofauna, biodiversity, acahual, sugar cane, silvopastoral.

INTRODUCCIÓN

En México se enfrentan graves problemas que se han acumulado en lo que va de este siglo, destacándose los problemas del agua, cambio climático y pérdida de la biodiversidad, este último debido a cambios drásticos en el uso de suelo, la deforestación, fragmentación y contaminación de ecosistemas terrestres y acuáticos (Vega, 2019).

Los diferentes usos de suelo a través del tiempo pueden ejercer un efecto importante de degradación, esto debido a la intensidad de uso y manejo del suelo, lo cual determinará la gravedad de la perturbación. Las perturbaciones en el suelo impactan de forma negativa a las reservas de nutrientes, el pH y a las comunidades de fauna edáfica (Liiri et al., 2012; Fichtner et al., 2014).

La deforestación y fragmentación de áreas naturales pueden afectar gravemente los sistemas naturales (Didham, 2010). La deforestación impacta en la estabilidad microclimática y degradación del suelo; mientras que la fragmentación afecta la separación del hábitat, lo que incrementa la separación de las

comunidades biológicas y aumenta los efectos de borde (Hernández-Pérez et al., 2022).

El estado de Veracruz tiene un sector agropecuario que desempeña un papel importante en la actividad productiva. En algunas regiones como la del Sotavento se han incrementado las áreas destinadas para cultivos y ganado, lo que ha llevado a transiciones en el uso de suelo, por ejemplo, zonas en las que predominaban la vegetación nativa o acahuales se han transformado en áreas para cultivos o pastizales. Cultivos como caña de azúcar y limón persa con manejos intensivos y las grandes extensiones de pastizales, han simplificado las comunidades de fauna edáfica y constituido una grave amenaza para la biodiversidad (Murillo-Cuevas et al., 2019; Murillo-Cuevas et al., 2020; Bautista-García et al., 2022).

Las hormigas son esenciales en numerosos procesos ecosistémicos, por ejemplo, la renovación del suelo, el ciclo de nutrientes, la dispersión de semillas y la regulación de los herbívoros, lo que ha llevado a que sean ampliamente aceptados como organismos clave (de Souza-Campana et al., 2022).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de cuatro usos de suelo sobre la estructura de las comunidades de hormigas.

METODOLOGÍA

Área de estudio. Los muestreos se realizaron en terrenos productivos del Tecnológico de Úrsulo Galván, el cual está ubicado a 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.61" Oeste, en la región centro costera de Veracruz, México.

Se utilizaron cuatro áreas de muestreo (usos de suelo): 1) limón persa con un área de muestreo de 2.25 ha, 2) caña de azúcar con 2.03 ha, 3) silvopastoril con 1.08 ha, constituido con especies vegetales como *Morus alba*, *Erythrina americana*, *Bambusa vulgaris*, *Guazuma ulmifolia*, *Bursera simaruba* y *Gliricidia sepium*, y 4) acahual con un área de muestreo de 1.44 ha, compuesto de una vegetación de selva baja caducifolia.

Diseño experimental. Los muestreos se efectuaron durante agosto y septiembre del año 2022. Se realizaron tres muestreos por mes en dos parcelas de 50 m² en de cada uno de los usos de suelo.

En cada parcela se colocaron 5 trampas pitfall cebadas con atún, elaboradas con envases de plástico

de 1L, enterradas al ras de suelo. Las cuales fueron colocadas con una separación de un metro y un arreglo de zigzag a cada lado de un transecto de 50 m, a una distancia de 5 m. Se colocaron en total 10 trampas por uso de suelo.

Colecta y procesamiento. Las trampas pitfall fueron desenterradas y su contenido vaciado en bolsas de plástico con etiquetadas que indicaban el sitio, número de trampa y fecha. Las bolsas fueron llevadas al Laboratorio de Entomología del Tecnológico de Úrsulo Galván para extraer las hormigas colectadas; las cuales fueron almacenadas en frascos de vidrio etiquetados con los datos de la trampa y que contenían alcohol al 70%. En el laboratorio las hormigas fueron separadas y contabilizadas a nivel de especies con las claves de Mackay y Mackay (2014) y con la ayuda de un estereoscópico.

Análisis de datos. Se utilizó la cantidad de organismos de cada especie para determinar la abundancia, y el número de especies para la riqueza; además, se calculó del índice de Shannon-Wiener (H') para obtener la diversidad y el índice de Pielou

(J') para la equidad, se utilizó el programa EstimateS versión 8.2.0.

Los datos fueron transformados a $\sqrt{+0.5}$ para normalizarlos y realizar un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$, esto con la finalidad de comparar los suelos con relación a las variables de respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectaron 2,896 hormigas pertenecientes a 13 especies. La especie *Cheliomyrmex* sp. (Figura 1a) fue la de mayor abundancia con 1,134 individuos en el suelo de caña de azúcar, seguido de *Pachycondyla harpax* (Figura 1b) con 341 individuos en acahual, *Oligomyrmex* sp. (Figura 1c) con 202 individuos en suelo con limón persa, *Ectatomma ruidum* (Figura 1d) con 190 individuos en suelo con silvopastoril (Tabla 1).

La mayor abundancia de hormigas se registró en caña de azúcar, seguido de acahual, silvopastoril y limón persa. La mayor riqueza, diversidad y equidad de hormigas se registró en acahual, seguido del suelo con silvopastoril (Tabla 1).

Se obtuvieron diferencias significativas en los promedios de abundancia ($F_{3,36}=10.70$, $p=0.0001$), riqueza ($F_{3,36}=13.34$, $p=0.0001$), diversidad ($F_{3,36}=7.83$, $p=0.0004$) y equidad ($F_{3,36}=3.27$, $p=0.0321$) de especies de hormigas al comparar los usos de suelo.

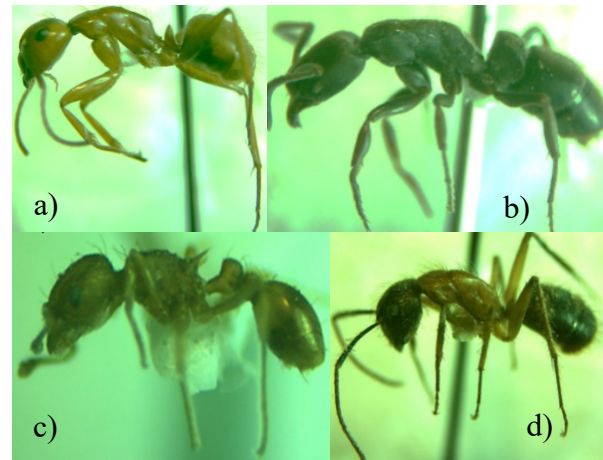


Figura 1. a) *Cheliomyrmex* sp.; b) *Pachycondyla harpax*; c) *Oligomyrmex* sp. y d) *Ectatomma ruidum*.

La abundancia promedio de hormigas fue mayor en suelos con silvopastoril y acahual, los cuales fueron estadísticamente diferentes a los suelos con caña de azúcar y limón persa (Figura 2a).

El uso de suelo con acahual tuvo en promedio la mayor riqueza de hormigas (Figura 2b). Además, también registró en promedio la mayor diversidad y equidad (Figura 3a y 3b).

Tabla 1. Valores de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de hormigas forrajeras colectadas en los diferentes usos de suelo.

Especie de hormiga	Aca	Cañ	Lim	Sil
<i>Acropyga exsanguis</i>	202	10	16	22
<i>Atta mexicana</i>	77	0	0	0
<i>Camponotus atriceps</i>	12	54	24	78
<i>Cheliomyrmex</i> sp.	0	1134	0	9
<i>Ectatomma ruidum</i>	69	0	0	190
<i>Ection borchelli</i> p.	70	0	0	0
<i>Forelius keiferi</i>	10	6	8	12
<i>Mycocarpus smithii</i>	53	0	0	0
<i>Nomamyrmex hartigii</i>	25	0	0	0
<i>Odontomachus</i>	23	0	0	0
<i>laticeps</i>				
<i>Oligomyrmex</i> sp.	72	0	202	86
<i>Pachycondyla harpax</i>	341	51	0	0
<i>Polyergus</i> sp.	34	0	6	0
Abundancia	988	1255	256	397
Riqueza	12	5	5	6
Diversidad	2.01	0.42	0.77	1.36
Equidad	0.78	0.16	0.30	0.53

Aca=Acahual, Cañ=Caña de azúcar, Lim=Limón, Sil=Silvopastoril.

La menor riqueza y diversidad de hormigas se registró en caña de azúcar, limón y silvopastoril (Figura 2b y 3a).

Las especies de hormigas identificadas en este trabajo se han reportado en usos de suelo de índole agrícola, forestal y áreas naturales (Morales-Vásquez et al., 2014; Lara-Villalón et al., 2015). La diversidad de hormigas registradas en los usos de suelo permitió evidenciar que el suelo con caña de azúcar, limón

persa y silvopastoril afectan de forma significativa la diversidad de hormigas.

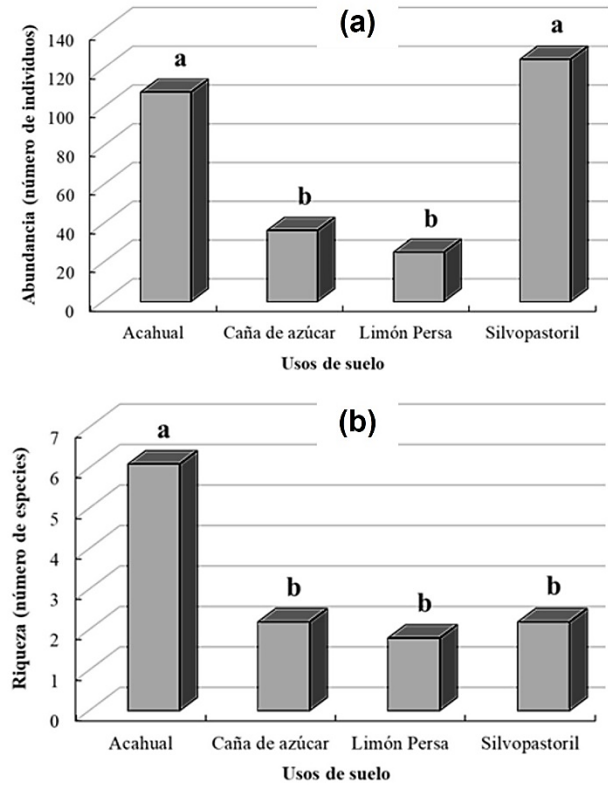


Figura 2. Parámetros ecológicos de las comunidades de hormigas en los diferentes usos de suelo. a) Abundancia y b) Riqueza.

Los resultados demuestran que los diferentes ambientes debido al uso de suelo y prácticas agrícolas en los cultivos de caña de azúcar, limón persa y silvopastoril afectan la abundancia y diversidad de hormigas Rahardjo et al. (2023) indican que la diversidad de hormigas en un área

específica está influenciada por las variaciones en las condiciones del terreno.

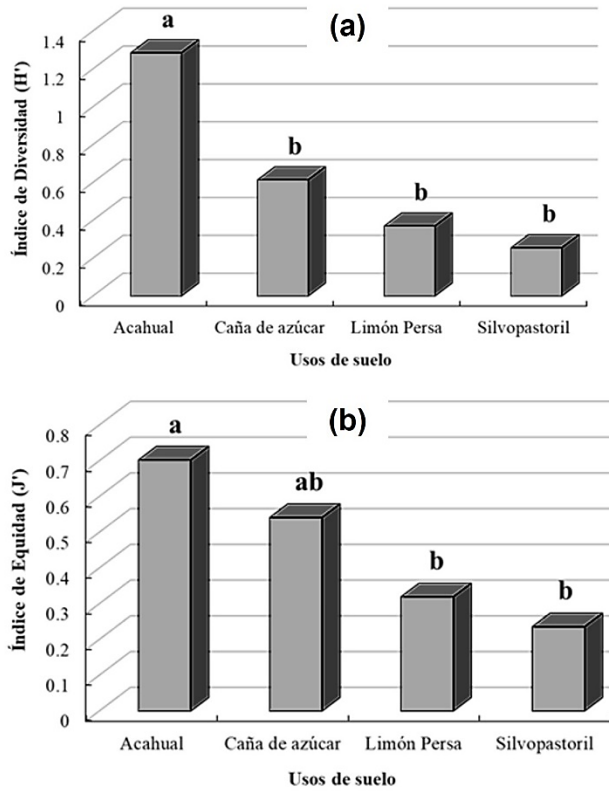


Figura 3. Parámetros ecológicos de las comunidades de hormigas en los diferentes usos de suelo. a) Diversidad y b) Equidad.

Además, la abundancia de especies de hormigas se ve muy afectada por las perturbaciones ambientales y las alteraciones del suelo (Andersen, 2019). Asimismo, se ha reportados que las prácticas de labranza del suelo pueden tener un impacto en la diversidad y abundancia poblacional de hormigas en la agricultura (Murillo-Cuevas et al., 2022).

La sucesión de uso de suelo en la región de estudio inicia con la transformación de acahuales a caña de azúcar y posteriormente de caña de azúcar a pasto o áreas silvopastoriles para ganadería. El suelo con acahual mantuvo una mayor riqueza de especies de hormigas, registrándose un patrón similar a lo reportado por Silva et al. (2007). Los valores bajos de diversidad de hormigas en suelo con vegetación silvopastoril y limón persa indicaron el nivel de degradación de estos suelos, debido al manejo intensivo del cultivo, como lo indican otros trabajos (Cabrera, 2012; Murillo-Cuevas et al., 2020).

CONCLUSIONES

Los suelos con limón persa, caña de azúcar y silvopastoril afectaron la diversidad de hormigas forrajeras. El suelo con acahual benefició y conservó una favorable diversidad y equidad de hormigas forrajeras.

A pesar de que las actividades agrícolas y ganaderas en la región centro de Veracruz son muy productivas, hay que resaltar la evidencia de una posible pérdida de diversidad de hormigas debido a una transición en el uso de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, A. N. (2019). Responses of ant communities to disturbance: Five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. *Journal of Animal Ecology*, 88(3), 350-362. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12932>
- Bautista-García, G., López-Ortiz, S., Murillo-Cuevas, F. D., Pérez-Hernández, P., Ortega-Jiménez, E., & López-Collado, C. J. (2022). Estudio preliminar del pastoreo racional Voisin como herramienta para mejorar las condiciones del suelo después del pastoreo extensivo. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-11. <https://doi.org/10.28940/terra.latinoamericana.40.2022>
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Pastos y Forrajes, 35(4), 349-364.
- de Souza-Campana, D. R., Silva, R. R., Fernandes, O. A., Futikami, B. S., Bueno, O. C., dos Santos, L. A. O., & de Castro Morini, M. S. (2022). Diversity of ground-dwelling ants in sugarcane plantations under different management systems. *Journal of Tropical Ecology*, 38(4), 165-170. <https://doi.org/10.1017/S0266467422000109>
- Didham, R. K. (2010). Ecological consequences of habitat fragmentation. *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000722.pub2>
- Fichtner, A., Von Oheimb, G., Härdtle, W., Wilken, C., & Gutknecht, J. L. M. (2014). Effects of anthropogenic disturbances on soil microbial communities in oak forests persist for more than 100 years. *Soil Biology and Biochemistry*, 70, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.029>
- Franco, A. L., Bartz, M. L., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E., Feigl, B. J., ... & Cerri, C. C. (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*, 563, 160-168.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.08>

6

Hernández-Pérez, E., García-Franco, J. G., Vázquez, G., & Cantellano de Rosas, E. (2022). Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989-2015). *Madera y Bosques*, 28(1).

<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2814068>

Lara-Villalón, M., Rosas-Mejía, M., Rojas-Fernández, P., & Reyes-Castillo, P. (2015). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a palma Camedor (*Chamaedorea radicalis* Mart.) en el bosque tropical, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(2), 270-274.

Liiri, M., Häsa, M., Haimi, J., & Setälä, H. (2012). History of land-use intensity can modify the relationship between functional complexity of the soil fauna and soil ecosystem services – A microcosm study. *Applied Soil Ecology*, 55, 53-61.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.01.010>

Mackay, W. P., & Mackay, E. E. (2014). *Clave de los géneros de hormigas en México y América*

Central (Hymenoptera: Formicidae).

Department of Biological Sciences, Laboratory for Environmental Biology, University of Texas.

Morales-Vásquez, E., Miguel-Méndez, R. S., Vázquez-Xochipa, A., Janelly-Barrientos-Roldán, M., Gutiérrez-Carmona, D. E., & Altamirano-Leal, C. (2014). Análisis de la diversidad de la macrofauna edáfica por estratos en dos usos de suelo en San Lorenzo Ometepec, Puebla. *Entomología Mexicana*, 1, 514-518.

Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Uribe-Gómez, S., & Villegas-Narváez, J. (2022). Effect of soil conservation tillage on the structure of edaphic fauna communities. *Agrociencia*.

Murillo-Cuevas, F. D., Adame-García, J., Cabrera-Mireles, H., Villegas-Narváez, J., & Rivera-Meza, A. E. (2020). Fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en limón persa, monocultivo y policultivo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(2).

<https://doi.org/10.24201/era.2020.1741>

Murillo-Cuevas, F. D., Adame-García, J., Cabrera-

Mireles, H., & Fernández-Viveros, J. A.

(2019). Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), 23-33.

<https://doi.org/10.24201/era.2019.1626>

Rahardjo, B. T., Muhammad, F. N., & Rizali, A.

(2023). Diversity and abundance of ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of sugarcane agroecosystem stability in Blitar, East Java, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 24(10).

<https://doi.org/10.13057/biodiv/d241002>

Silva, R., Tomazi, M., Pezarico, C. R., Aquino, A.

M., & Mercante, F. M. (2007). Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 865-871.

Vega López, E. (2019). Presiones hídricas, amenazas

climáticas y pérdidas de biodiversidad en México: Agenda y políticas inaplazables del nuevo gobierno. *Economía UNAM*, 16(46), 126-135.