



Fauna edáfica en caña de azúcar con y sin aplicaciones de vinaza

Edaphic fauna in sugar cane with and without vinasse applications

Félix David Murillo-Cuevas¹, Jacel Adame-García^{1*}, Héctor Cabrera-Mireles², José Antonio Fernández-Viveros¹,
Jazmin Villegas-Narváez¹.

¹Tecnológico Nacional de México de México/Campus Úrsulo Galván, km 4.5 carr. Cardel-Chachalacas, Úrsulo
Galván, Veracruz, México

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla,
km. 34.5 carretera Federal Veracruz-Córdoba, CP. 94992. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: dra.adame.garcia@gmail.com

Recibido 29 de julio de 2020; aceptado 25 de septiembre de 2020

RESUMEN

En el cultivo de caña de azúcar del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, las vinazas son vertidas a la red de drenaje para su posterior utilización como fertirriego sin conocer los efectos que tiene este sobre la fauna edáfica. De tal forma que el presente trabajo planteo el objetivo de evaluar el efecto de la vinaza aplicada al suelo sobre la estructura de las comunidades de fauna edáfica en el cultivo de caña de azúcar. El trabajo se llevó a cabo en la localidad Jareros, se utilizaron parcelas de caña de azúcar con aplicaciones de vinaza de cuatro años consecutivos y sin aplicaciones. Se utilizaron dos sitios, cada sitio con dos parcelas con y sin aplicaciones de vinaza. Se realizaron tres muestreos de suelo, uno por mes, durante tres meses. En cada punto de muestreo se tomaron bloques de suelo con un cuadrante de 25 x 25 cm a profundidades de 15 cm. Se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo y ecológicos de las comunidades de

fauna edáfica. El suelo fue mayoritariamente arcilloso, sin diferencias significativas al comparar el suelo con y sin vinaza, excepto en el pH, siendo ligeramente más alcalino el suelo con vinaza. Los grupos de mayor abundancia fueron termitas en suelo sin vinaza y hormigas y larvas de mosca en suelo con vinaza. En el suelo con vinaza se presentaron menos morfoespecies y mayor dominancia de algunas de estas, lo que afectó la riqueza, diversidad y equidad total, con valores más bajos a diferencia del suelo sin vinaza. El suelo sin vinaza fue significativamente mayor en diversidad y equidad de fauna edáfica, lo que indica que en este suelo la fauna edáfica está representada más equitativamente, lo que nos hace pensar en la posibilidad de un efecto negativo de la vinaza sobre la fauna edáfica.

PALABRAS CLAVE: Agroecosistema, suelo, impacto ambiental, diversidad, artrópodos.

ABSTRACT

In the cultivation of sugar cane from the municipality of Úrsulo Galván, Veracruz, the vinasse is poured into the drainage network, for later use as fertigation without knowing the effects this has on the edaphic fauna. The present work stated the objective of evaluating the effect of vinasse on the structure of the edaphic fauna communities in the cultivation of sugar cane. The work was carried out in the Jareros locality. Sugar cane plantations with vinasse applications for four consecutive years and other plantations without vinasse applications. Two sites were identified, each site with two plots with and without vinasse applications. Three soil samples were carried out, one per month, for three months. At each sampling point, a 25 x 25 cm soil blocks quadrant were taken at depth of 15 cm. Soil physicochemical and ecological analyzes of the edaphic fauna communities were carried out. The soil was mostly clayey, without significant differences when comparing the soil with and without vinasse, except in pH, the vinasse soil being slightly more alkaline. The groups with the highest abundance were termites in soil without vinasse and ants and fly larvae in soil with vinasse. Where vinasse was applied, there were less morphospecies and greater dominance of some of these, which affected the richness, diversity and total equity, with lower values unlike the soil without vinasse. The soil without vinasse was significantly greater in diversity and equity of edaphic fauna, which indicates that in this soil the edaphic fauna is represented more equally, which makes us think of the possibility of a negative

effect of vinasse over edaphic fauna.

KEY WORDS: Agroecosystem, soil, environmental impact, diversity, arthropods.

INTRODUCCIÓN

La macrofauna en los sistemas productivos como mango, pastos y caña de azúcar es diversa, abundante y multifuncional (Franco et al., 2016; Cabrera et al., 2019; Murillo et al., 2019); las hormigas, termitas, escarabajos, seudoescorpiones y arañas son abundantes e importantes para el funcionamiento del suelo, ya que estos intervienen en los procesos de descomposición y mineralización de los nutrientes (Lang-Ovalle et al., 2011; Franco et al., 2016; Roy et al., 2018). La mesofauna es más abundante y diversa, siendo los ácaros y colémbolos los más importantes por su abundancia, diversidad y función en el suelo, además de que son indicadores ecológicos por tener ciclos de vida corto y poca dispersión de las especies (Eeva y Penttinen, 2009; Cabrera et al., 2019). La fauna edáfica es utilizada como un indicador de la calidad del suelo y un recurso que debe manejarse de forma adecuada para mejorar los servicios proporcionados a los agroecosistemas (Zagatto et al., 2017; Roy et al., 2018). Dentro de la macrofauna edáfica se encuentran las lombrices de tierra, las cuales son afectadas por factores como clima, alimentación, humedad, textura y condiciones químicas del suelo; por lo que éstas

manifiestan cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo (Momo et al., 2003). Organismos detritívoros como los diplópodos (milpiés), isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gastrópodos (caracoles) pueden ser utilizados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfico, ya que estos organismos son muy sensibles a los cambios físicos y químicos del suelo, así como a los cambios bruscos de temperatura y humedad en sus hábitats (Moore et al., 2004; Zerbino et al., 2008). Otros grupos como las termitas adquieren importancia en zonas de cultivos, donde su invasión y agresividad se relacionan con condiciones adversas de temperatura y humedad, así como con el contenido y la calidad de la materia orgánica del suelo (Gutiérrez et al., 2004; Laffont y Porcel, 2007; Hurtado et al., 2017). Las hormigas son organismos con mayor capacidad de sobrevivir en suelos agrícolas, a pesar de la intensa alteración de su medio, lo que les permite una alta prevalencia y resistencia en ambientes perturbados (Rojas, 2001).

El municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México cuenta con una superficie continental total de 123.92 km² de los cuales aproximadamente 61.1 km² (49.3 %) es ocupado por caña de azúcar (INAP, 2013). En un ciclo de cultivo

de caña de azúcar se llevan a cabo en el campo actividades de labranza y fertilización para la siembra de nuevos segmentos de tallo (Aguilar, 2014). En algunos ingenios las vinazas son vertidas a la red de drenaje para su posterior utilización como agua de riego o fertirriego en el cultivo de la caña de azúcar. Varios estudios han reportado las ventajas de usar vinaza de caña de azúcar en la agricultura (Da Silva et al., 2014; Fernández-Viveros et al., 2018). Sin embargo, otros estudios han demostrado la toxicidad de la vinaza para organismos acuáticos (Marinho et al., 2014; Correia et al., 2017) y artrópodos terrestres diplópodos que forman parte de la fauna edáfica en los ecosistemas terrestres (Christofolletti et al., 2016; Coelho et al., 2017). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la vinaza como fertilizante del suelo sobre la estructura de las comunidades de fauna edáfica en el cultivo de caña de azúcar en el municipio de Úrsulo Galván.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México, en la localidad Jareros, área de influencia de producción de caña de azúcar. Se utilizaron parcelas de caña de azúcar

con aplicaciones de vinaza de cuatro años consecutivos y sin aplicaciones.

Diseño experimental. Se utilizaron dos sitios. En cada sitio se ubicaron dos parcelas con aplicaciones de vinaza y dos sin aplicaciones. En cada parcela se delimitaron dos cuadrantes de muestreo de 100 m², uno a cada extremo de la parcela y a una distancia de 5 m de la orilla de la parcela. En cada cuadrante se tomaron dos puntos de muestreo.

Muestreo. Se realizaron tres muestreos de suelo, uno por mes, durante tres meses (noviembre-enero). En cada punto de muestreo se tomaron bloques de suelo con un cuadrante de 25 x 25 cm a profundidades de 15 cm, los cuales fueron llevados al Laboratorio de Entomología del TecNM Campus Úrsulo Galván para su procesamiento.

Procesamiento de muestras. La fauna edáfica fue extraída cuidadosamente a mano a partir de los bloques de suelo, esto se realizó en bandejas de plástico y con la ayuda de lupas, lámparas, pinzas entomológicas y estereoscopios. Los organismos se identificaron como morfoespecies a nivel de Orden, Clase, Subclase y algunas Familias taxonómicas mediante las claves de Triplehorn y Johnson (2005). Una vez extraídos los organismos, se realizó un análisis fisicoquímico de las muestras de suelo, para

determinar el pH, densidad aparente (DA), textura, materia orgánica (M.O.), fósforo y nitrógeno, de acuerdo con los métodos y equipos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-200, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua del Campus Úrsulo Galván.

Análisis de datos. La abundancia de las morfoespecies se determinó con el número de individuos, se calculó la riqueza mediante el número de morfoespecies, la diversidad (H') con el índice de Shannon-Wiener y la equidad (J') con el índice de Pielou. Los datos de los análisis físico-químicos en porcentaje se transformaron a $\sqrt{+0.5}$ para normalizarlos. Se realizó una prueba t de Student para comparar el efecto de la vinaza en los parámetros físico-químicos y un análisis no paramétrico de U de Mann-Whitney para probar el efecto de la vinaza en los parámetros ecológicos. Los análisis ecológicos se realizaron en el programa *Estimate* versión 9.1.0 y los estadísticos en el programa *InfoStat* versión 2013.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis estadístico de t de Student para comparar el efecto de la vinaza en las características físico-químicas de los

suelos estudiados, donde se muestra que el suelo estuvo compuesto principalmente por arcilla y que no se registraron diferencias significativas en los valores promedios al comparar el suelo con y sin vinaza, excepto en el pH, siendo ligeramente más alcalino el suelo con vinaza.

La proximidad entre los valores de densidad aparente, porcentajes de arena, limo y arcilla, así como de fósforo, nitrógeno y materia orgánica en el suelo con y sin vinaza permite suponer cierto grado de uniformidad en los suelos de las dos condiciones, incluso sin diferencias significativas, lo que indica que no existe ningún efecto aparente por el uso de vinaza sobre las características físicoquímicas del suelo, a pesar de que se ha reportado que la vinaza proporciona beneficios a las propiedades físicoquímicas del suelo (Flores et al., 2012; Quiroz y Pérez, 2013). Sin embargo, es probable que los cambios sobre las propiedades físicas y químicas del suelo se observen a largo plazo, más de tres años.

Tabla 1. Prueba t de Student para comparar el efecto de la vinaza en las características físico-químicas del suelo en caña de azúcar con y sin aplicaciones de vinaza en Úrsulo Galván, Veracruz.

Variable	Vinaza		t	p
	Sin	Con		
PH	7.67	8.07	2.71	0.0106
DA (g/cm ³)	1.08	1.08	0.31	0.7598
Arena (%)	22.12	22.22	-0.48	0.6323
Limo (%)	18.05	17.26	0.45	0.6590
Arcilla (%)	59.83	59.53	-0.87	0.3929
P (mg/k)	16.47	16.25	-0.12	0.9031
N (%)	0.1	0.09	-0.55	0.5846
MO (%)	1.54	1.46	-0.53	0.6020

En la Tabla 2 se muestran las morfoespecies que se identificaron y su abundancia, así como la abundancia, riqueza y equidad total de la fauna edáfica en cada uno de los suelos, con y sin vinaza, donde se aprecia que los grupos de mayor abundancia fueron termitas (Isoptera) en suelo sin vinaza y hormigas (Formicidae) y larvas de mosca (larva de Diptera) en suelo con vinaza. Además, los ciempiés (Chilopoda), arañas (Aranea), cochinillas (Isopoda) y lombrices de tierra (Oligochaeta) abundaron en las dos condiciones del suelo de caña de azúcar. Sin embargo, en el suelo con vinaza se presentaron menos morfoespecies y mayor dominancia de algunas de estas, lo que afectó la riqueza, diversidad y equidad total de la fauna edáfica, con valores más bajos a diferencia del suelo sin vinaza. La abundancia global de los organismos en las dos condiciones del suelo fue similar

y relativamente baja, probablemente debido a la época del año del muestreo (invierno), considerada en la región como época de nortes, la cual, junto con la época de estiaje, son las temporadas que afectan más a la fauna edáfica en la región (Cabrera et al., 2019).

Tabla 2. Morfoespecies, abundancia, riqueza, diversidad y equidad global de fauna edáfica en suelo de caña de azúcar con y sin vinaza en Úrsulo Galván, Veracruz.

Morfoespecie	Sin vinaza	Con vinaza
Isoptera	51	1
Formicidae	30	53
Chilopoda	20	30
Araneae	11	13
Isopoda	11	20
Diplopoda	8	7
Oligochaeta	4	9
Carabidae	4	0
Gryllidae	3	1
Diplura	3	0
Larva Lepidoptera	3	1
Larva Scarabaeidae	2	0
Staphylinidae	1	2
Curculionidae	1	1
Latridiidae	1	2
Larva Diptera	1	16
Blattidae	1	0
Elateridae	1	0
Pseudoscorpiones	0	1
Abundancia	156	157

Riqueza	18	14
Diversidad (H')	2.14	1.96
Equidad (J')	0.73	0.67

La fauna edáfica identificada es la típica reportada en caña de azúcar en otros trabajos (Franco et al., 2016; Murillo et al., 2019; Chi et al., 2020) con variaciones en abundancia y riqueza de estos, lo que indica que existe una uniformidad en los grupos de organismos edáficos asociados al cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, existen variaciones en la estructura de las comunidades de fauna edáfica de caña de azúcar debido a factores externos como prácticas culturales, época del año, tipo de suelo e intensificación (Ponge et al., 2013; Abreu et al., 2014; Saad et al., 2017; Cabrera et al., 2019; Chin et al., 2020).

En la Tabla 3 se presentan las significancias estadísticas en la comparación de los promedios de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de fauna edáfica en suelo con y sin vinaza, pudiéndose observarse que el suelo sin vinaza fue significativamente mayor en diversidad y equidad de fauna edáfica, lo que indica que en este suelo la fauna edáfica está representada más equitativamente, lo que beneficia al suelo, ya que se presentará una mayor diversidad de funciones tróficas que nutrirán al suelo (Roy et al., 2018). A diferencia de lo que se ha

reportado sobre que la aplicación de vinaza no afecta a la fauna edáfica o es capaz de beneficiarla (Saad et al., 2017; Chi et al., 2020), nuestros resultados llaman la atención debido a los valores de diversidad y equidad de fauna edáfica en suelo con vinaza, significativamente más bajos que en el suelo sin vinaza. Sin embargo, estos resultados pueden estar limitados debido al tiempo de estudio. Por lo tanto, se requieren más estudios para corroborar el efecto de las aplicaciones de vinaza sobre la fauna edáfica en la producción de caña de azúcar en un periodo de tiempo más largo (Chi et al., 2020).

Tabla 3. Prueba estadística de Wilcoxon, con las significancias estadísticas en la comparación de los promedios de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de fauna edáfica en suelo con y sin vinaza.

Variable	Vinaza		W	p
	Sin	Con		
Abundancia	7.07	10.1	611	0.8455
Riqueza	4.14	3.67	663	0.1607
Diversidad	1.32	0.94	718	0.0113
Equidad	0.93	0.80	702	0.0035

CONCLUSIONES

Los suelos con y sin vinaza en el cultivo de caña de azúcar en la localidad Jareros presentan cierto grado de uniformidad en condiciones fisicoquímicas, lo cual permite suponer que las aplicaciones de vinaza, en el periodo de tiempo que se han hecho, no han tenido un efecto sobre las características físicas y químicas del suelo. En cuanto a la fauna edáfica, las aplicaciones de vinaza no afectaron ni beneficiaron la abundancia y riqueza de los organismos. Sin embargo, la diversidad y equidad de las comunidades de organismos fue mayor en el suelo sin vinaza, lo que nos hace pensar en la posibilidad de un efecto negativo de la vinaza sobre la representación equitativa de la fauna edáfica, lo cual traería consecuencias ecológicas en las cadenas tróficas y a la larga en la nutrición del suelo. Se requieren más estudios para corroborar el efecto de las aplicaciones de vinaza sobre la fauna edáfica en caña de azúcar en un periodo de tiempo más largo.

Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México por el apoyo con el financiamiento del proyecto “Evaluación de fauna edáfica en el cultivo de caña de azúcar con y sin aplicaciones de vinaza en la región centro de Veracruz” con clave 8533.20-P, del cual es parte la información

que se presenta. A la estudiante Jennifer Casandra López Torres.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, R. R. L., Lima, S. S., Oliveira, N. C. R., y Leite, L. F. C. (2014). Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-acucar. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 44: 409–416. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400002>
- Aguilar, R. N. (2014). Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 126(2), 125-161.
- Cabrera, M. H., Murillo, C. F. D., Villanueva, J. J. A. y Adame, G. J. (2019). Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 231-241.
- Chi, L., Huerta-Lwanga, E., Álvarez-Solís, D., Kú-Quej, V. M. y Mendoza-Vega, J. (2020). Abundance and diversity of soil macroinvertebrates in sugarcane (*Saccharum* spp.) plantations under organic and

- chemical fertilization in Belize. *Acta Zoológica Mexicana*, 36, 1-19.
- Christofoletti, C. A., Francisco, A., Pedro-Escher, J., Gastaldi, V. D. y Fontanetti, C. S. (2016). Diplopods as soil bioindicators of toxicity after application of residues from sewage treatment plants and ethanol industry. *Microscopy and Microanalysis*, 22(5), 1098-1110. <https://doi.org/10.1017/S1431927616011739>
- Coelho, M. P. M., Moreira-de-Sousa, C., de Souza, R. B., Ansoar-Rodríguez, Y., Silva-Zacarin, E. C. M. y Silvia, F. C. (2017). Toxicity evaluation of vinasse and biosolid samples in diplopod midgut: heat shock protein in situ localization. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 22007-22017. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9754-2>
- Correia, J. E., Christofoletti, C. A., Marcato, A. C. C., Marinho, J. F. U. y Fontanetti, C. S. (2017). Histopathological analysis of tilapia gills (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) exposed to sugarcane vinasse. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 135, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.004>
- Da Silva, A. P. M., Bono, J. A. M. y Pereira, F. A. R. (2014). Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(1), 38-43. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100006>.
- Eeva, T. y Penttinen, R. (2009). Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution. *Science of the Total Environment*, 407, 4771-4776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.05.013>
- Fernández-Viveros, J. A., Garay-Peralta, I., Adame-García, J. y Murillo-Cuervas, F. D. (2018). Efecto de la vinaza en el cultivo de maíz. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2), 79-87.
- Flores, R. P., Gavi, R. F., Torres, B. E. y Hernández, A. E. (2012). Lixiviación de potasio y contenidos nutrimentales en suelo y alfalfa en respuesta a dosis de vinaza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5), 833-846.
- Franco, A. L. C., Bartz, M. L. C., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E. P., Feigl, B. J., et al. (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the

- expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*, 563-564, 160-168.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.116>
- Gutiérrez, A. I., Uribe, S. y Quiroz, J. A. (2004). Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 72, 54-59.
- Hurtado, H. Y., Manga, D. A. y Sepúlveda-Cano, P. A. (2017) Registro de termitas (Isoptera) asociadas a cultivos de mango (*Mangifera indica*) en el departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Intropical*, 12(2), 109-115.
<https://doi.org/10.21676/23897864.2286>
- INAP. (2013). Instituto Nacional de Administración Pública, A.C. (INAP). Diagnósticos Municipales PACMA, Entidad: Veracruz de Ignacio de la Llave 30, Municipio: Úrsulo Galván (191), 49 P.
- Laffont, E. R. y Porcel, E. A. (2007). Diversidad de termitas (Isoptera) en pastizales del nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, 33, 82-85.
- Lang-Ovalle, P. F., Pérez-Vázquez. A., Martínez-Dávila, J. P., Platas-Rosado, D. E., Ojeda-Enciso, L. A. y González-Acuña, I. J. (2011). Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. *Terra Latinoamerica*, 29, 169-177.
- Marinho, J. F. U., Correia, J. E., Marcato ACC, Pedro-Escher, J. y Fontanetti, C. S. (2014). Sugar cane vinasse in water bodies: impact assessed by liver histopathology in tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 110, 239-245.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.010>
- Momo, F. R., Falco, L. B. y Craig, E. B. (2003). Las lombrices de tierra como indicadoras del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 8, 55-63.
- Moore, J. C., Berlow, E. L., Coleman, D. C., Ruitter, P. C., Dong, Q., Hastings, A., et al. (2004). Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters*, 7, 584-600.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00606.x>
- Murillo, C. F. D., Adame, G. J., Cabrera, M. H. y Fernández, V. J. A. (2019). Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo.

- Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 6(16), 23-33.
- Ponge, J.F., Peres, G., Guernion, M., Camacho, N. R., Cortet, J., Pernin, C., Villenave, C., Chaussod, R., Laurent, F. M., Bispo, A. y Cluzeau, D. (2013). The impact of agricultural practices on soil biota: A regional study. *Soil Biology & Biochemistry*, 67, 271-284. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.026>
- Quiroz, G. I. y Pérez, V. A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.* 5, 1069-1075.
- Rojas, F. P. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 1, 189-238.
- Roy, S., Roy, M. M., Jaiswal, A. K. y Baitha, A. (2018). Soil Arthropods in Maintaining Soil Health: Thrust Areas for Sugarcane Production Systems. *Sugar Tech*, 20(4), 376-391. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0591-5>
- Saad, L. P., Campana, D. R. S., Bueno, O. C., y Morini, M. S. C. (2017). Vinasse and Its Influence on Ant (Hymenoptera: Formicidae) Communities in Sugarcane Crops. *Journal of Insect Science*, 17(1), 1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew103>
- Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Reimpresión 2005. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 P.
- Zagatto, M. R. G., Niva, C. C., Thomazini, M. J., Baretta, D., Santos, A., Nadolny, H., et al. (2017). Soil invertebrates in different land use systems: How integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 7, 158-169. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2017.03.003>
- Zerbino, M. S., Altieri, N., Morón, A. y Rodríguez, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, 12(1), 44-55.