

Caracterización de la Fauna Edáfica Asociada al Cultivo del Agave Azul (*Agave tequilana* Weber) Bajo Dos Sistemas de Manejo en el Municipio de Arandas, Jalisco

C. S. Magaña Martínez^{#1}, L. I. Pérez Valencia^{#2}, W. David Rodríguez^{*3}, B. Hernández Márquez^{&4}

[#]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, Departamento de Ingeniería Ambiental, Jalisco, México.

^{*}Departamento de Salud Pública, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

[&]Departamento de Ciencias básicas, Tecnológico Nacional de México, campus Tlajomulco.

¹cesar.magana@arandas.tecmm.edu.mx, ²laura.perez@arandas.tecmm.edu.mx,

³william.rodriguez@academicos.udg.mx, ⁴benjamin.hm@tlajomulco.tecnm.mx

Resumen— Con el objetivo de inferir sobre la salud del suelo, se realizó una caracterización de la diversidad de la fauna edáfica en cultivo de Agave tequilana con dos sistemas de manejo diferentes. Los muestreos se realizaron durante nueve meses, tomando muestras de suelo. La fauna se identificó hasta el nivel de orden, obteniendo un total de 5,113 organismos, pertenecientes a cinco clases de artrópodos del suelo. Los resultados muestran mayor abundancia y diversidad para todos los grupos en el sistema de manejo agroecológico, muy similares a los datos obtenidos del área natural. La clase Collembola registró el número más alto de individuos (3960). Los resultados a destacar son que el uso de insumos orgánicos y el manejo de suelo sin labranza muestran menor perturbación y desequilibrio del medio edáfico producido por las prácticas agrícolas necesarias para el cultivo de agave, en comparación con el manejo químico o tradicional.

Palabras clave—microartrópodos, suelo, sustentable, recurso, fertilizantes.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso no renovable que, a lo largo de millones de años, se ha formado a partir de los horizontes superficiales o externos de las rocas, los cuales, en cada momento, son modificados de manera natural por la acción conjunta del agua, el aire y las distintas clases de organismos que lo habitan [1]. La fauna del suelo es un pilar fundamental en los diversos procesos de descomposición de la materia orgánica, lo que ayuda significativamente a acelerar y reciclar los nutrientes, con lo cual se aumenta particularmente el proceso de mineralización del fósforo y del nitrógeno [2].

La fauna del suelo se compone, de manera general, de un 15% de invertebrados del total de la biomasa del suelo; los nemátodos, anélidos y artrópodos son los grupos más importantes; destacan los ácaros, arañas, colémbolos, coleópteros, himenópteros, dípteros, quilópodos, diplópodos e isópodos, ya sea en estado adulto o larvario, como es el caso de dípteros y coleópteros [3].

Dentro de otras funciones principales que tienen los diferentes grupos que son parte de la fauna del suelo destaca su trabajo como: reguladores de los diversos procesos tróficos del suelo, ser un medio de soporte de su microestructura, aportando al medio abono natural, el cual es origen de deyecciones, excreciones, secreciones y al cumplir su ciclo vital con sus propios cadáveres [4].

Para la gran mayoría de los miembros de la mesofauna, el tener un tamaño corporal tan pequeño, los deja muy expuestos a las más mínimas perturbaciones de su medio, en su mayoría de causa antrópica, esto se hace notar fundamentalmente en cambios de su composición específica y su abundancia, lo que ocasiona la reducción tanto en sus poblaciones como en su diversidad, afectando la fertilidad [5]. Derivado de lo anterior, es considerada un indicador biológico pertinente y directo del estado de conservación del suelo, además de ser parte decisiva para el mantenimiento de su productividad.

La demanda de agave en Arandas, al igual que en todas las regiones productoras, ha aumentado significativamente en los últimos años. El consejo regulador del tequila (CRT) indica que el consumo de agave creció a la par de la producción de Tequila, el consumo de agave incrementó a la par de la producción, creciendo 30.7% vs el primer semestre del 2021, consumiéndose 1,294 millones de toneladas de agave para la producción correspondiente a enero-junio 2022. [6]. Con el aumento en la producción de tequila, la obtención de la materia prima es cada vez mayor; para suplir esa necesidad, la industria productora de agave ha hecho uso intensivo de diversos compuestos como antibióticos, plaguicidas, hormonas de crecimiento, fertilizantes nitrogenados y fosforados y una larga lista de sustancias químicas de muy diversa naturaleza. El uso de dichas sustancias puede ser con fines de acelerar el crecimiento o bien eliminar la maleza; sin embargo, un gran porcentaje de esas sustancias pasan al suelo.

Para el caso particular de los herbicidas, se ha documentado que aun a pequeñas dosis pueden generar problemas en los organismos asociados al recurso del suelo [7]. La actividad agrícola en estos últimos tiempos viene generando preocupación por las aplicaciones de productos químicos, sin opinión profesional, lo que genera graves alteraciones ambientales al ecosistema, especialmente en las zonas donde el agricultor no cuenta con asesoramiento técnico.

La conservación del suelo en áreas dedicadas a la agricultura debe estar encaminada a realizar prácticas de manejo que permitan detener la degradación de este recurso o recuperar sus características en un rango que no afecte la producción y la calidad de las producciones agrícolas [8]. Conocer la calidad del suelo mediante indicadores constituye una herramienta poderosa para la toma de decisiones en el manejo y uso del suelo a escala local, regional y global, y su estudio se debe hacer de forma particular, según las condiciones de cada agroecosistema. El uso de indicadores como lo son la abundancia, diversidad y funcionalidad de la biota edáfica, específicamente las comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo, permite obtener una estimación general del suelo, basada en servicios ecosistémicos [9]. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la abundancia y diversidad de la mesofauna edáfica asociadas a cultivos de *Agave tequilana* y evaluar si el tipo de manejo agrícola tiene efecto en su composición.

II. MÉTODOS

A. Área de estudio.

Las colectas de suelo fueron llevadas a cabo en el Rancho La Teja (20°47'0.53"N, 102°18'21.16"O), de la localidad de San José de la Teja, que se encuentra a unos 10 km al norte del centro de la ciudad de Arandas, tomando la carretera 323 (Arandas-Jalpa). El tipo de suelo es *Phaeozem* con características agrícolas dependientes del comportamiento de las lluvias. El clima que predomina en la localidad es templado subhúmedo, con una vegetación principal de pastizal natural y cultivado y encontrándose unos parches pequeños de bosque de encino y vegetación asociada natural [10].

B. Muestreo

El periodo de colecta abarcó los meses febrero-noviembre de 2022. Las muestras de suelo de los diferentes biotopos fueron tomadas de forma aleatoria en dos cultivos de agave azul (*Agave tequilana*) con sistemas manejo diferentes, uno con manejo tradicional, en el que se utilizan agentes inorgánicos para la nutrición y el manejo de la parcela (químico) y otro con un manejo enfocado a utilizar fertilizantes y herbicidas de origen natural y realizando un manejo de suelo más sustentable (ecológico) (Fig. 1). Para tener una zona extra de comparación, también se tomaron muestras de una zona con vegetación natural de bosque de

encino y matorral, esta zona está relativamente bien conservada, por lo que los datos obtenidos pueden servir de parámetro de comparación con áreas modificadas por actividades agrícolas. Para tomar las muestras de suelo se utilizó un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad; se colocaron en bolsas herméticas para su transporte. Durante cada mes se tomaron 10 muestras por sitio, para dar un total 120 muestras de suelo.



Fig. 1. A. Agave con manejo químico. B. Agave con manejo ecológico.

C. Trabajo en laboratorio

Para extraer la fauna del suelo las muestras fueron procesadas el mismo día de la colecta en Sistema de embudos de Berlese-Tullgren durante un periodo de 7 días (3 días a temperatura ambiente y 4 días con una fuente de luz de 25 watts) y se utilizó alcohol al 70% como líquido conservador.

Se procedió al conteo y separación de los individuos bajo el estereoscopio, con ayuda de pinzas y agujas entomológicas, los ejemplares se separaron por morfoespecies y se colocaron en viales con alcohol al 70%, finalmente se procedió a su determinación hasta la categoría de clase y orden, mediante literatura especializada para cada grupo. El manejo y procesamiento de los datos se trabajó en una hoja de Microsoft Excel, con el uso de tablas dinámicas se llevó a cabo el conteo de individuos por cada uno de los niveles taxonómicos de interés. Complementariamente se organizó una base de datos con la abundancia en cada uno de los sistemas y realizar así el cálculo de la abundancia y diversidad por sitio de colecta.

III. RESULTADOS

A. Abundancia de individuos por sistema de manejo

Del total de muestras analizadas, se han obtenido un total de 5,113 organismos pertenecientes a la fauna del suelo. La zona con mayor abundancia fue el área natural con 2,765 individuos lo que representa el 54% del total de individuos, la zona de agave con manejo químico por el contrario registró la menor abundancia con 293 individuos, lo que es el 5% de abundancia (Fig. 2).

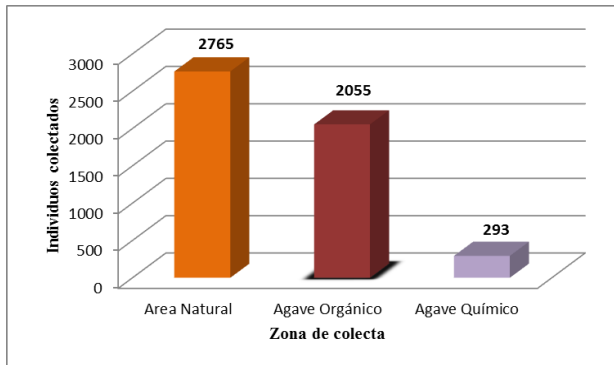


Fig. 2. Abundancia de organismos del suelo obtenidos por cada sitio de colecta.

B. Diversidad

La fauna de artrópodos edáficos colectados estuvo representada por: 488 ácaros, 49 arañas, 12 Myriapodos (cien pies y mil pies), 3,960 colémbolos, 26 trips, 12 hemípteros, 271 Himenópteros (hormigas y avispas), 97 coleópteros, 68 dípteros, 28 isópodos y 102 insectos en estadio de larvas. Siendo los mejor representados numéricamente, los órdenes Collembola y Acarina. La composición de artrópodos edáficos por zona de colecta estuvo representada por 2,783 individuos colectados en el área natural, siendo la zona con mayor abundancia de entre las tres. Por el contrario, menor abundancia se obtuvo en la zona de agave con manejo químico. La abundancia relativa de los principales grupos en ambos cultivos se presenta en la Tabla 1.

TABLA I

DISTRIBUCIÓN DE DIVERSIDAD DE MACROFAUNA OBTENIDA DE MUESTRAS DE SUELO EN CULTIVO DE AGAVE EN LOS DOS SISTEMAS DE MANEJO Y ÁREA NATURAL (AN), *LARVAS: CLASE INSECTA SE CUENTAN DE FORMA GENERAL.

Taxón	Agave químico	Agave orgánico	AN	Total
Clase				
Arachnida	46	207	284	537
Myriapoda	1	6	5	12
Crustacea	0	15	13	28
Collembola	168	1475	2317	3960
Insecta				
Orden				
Thysanoptera	0	6	20	26
Hemiptera	6	2	4	12
Hymenoptera	28	223	20	271
Coleoptera	18	52	27	97
Diptera	14	13	41	68
*Larvas	9	41	52	102
Total	290	2040	2783	5113

IV. DISCUSIÓN

Como era de esperarse, la zona que mostró abundancia superior de la macrofauna fue el área natural lo que coincide con estudios que han arrojado resultados similares y que los autores mencionan que comportamiento obedece al predominio de especies arbóreas y arbustivas que producen una calidad de la hojarasca mayor, lo que presenta una relación C/N más baja en zonas que fueron alteradas para dar paso a cultivos [11]. Al comparar los datos obtenidos en los cultivos con diferente manejo, la zona con un manejo orgánico, arroja resultados muy similares a los del área natural, alta abundancia y diversidad, contrario a la zona con manejo químico, esto se puede explicar a que el uso de fertilizantes y demás insumos inorgánicos, alteran de manera significativa la riqueza de especies vegetales presentes, el pH, conductividad y otros parámetros físicoquímicos del suelo, alterando la disponibilidad de nutrientes y condiciones de temperatura y humedad que favorecen el desarrollo de las comunidades de fauna edáfica necesaria para el ambiente [12]. En comparación con el manejo más ecológico, se respeta más el no eliminar por completo la materia orgánica y se usan fertilizantes de origen vegetal, lo que produce mucha humedad, lo cual es positivo para el desarrollo de la fauna del suelo. Resultados similares se reportan, con un mayor índice de diversidad de organismos en sistemas sin labranza y con cobertura de mantillo, los cuales propician la variedad de sustratos e influyen en el desarrollo de varios grupos faunísticos edáficos [13-14]. Por lo antes expuesto, es necesario llevar a cabo manejos de cultivos más amigables con el medio ambiente, ya que la microfauna del suelo se ve afectada significativamente por prácticas agrícolas tradicionales. En cuanto a la salud del suelo, a partir de la composición, diversidad y rol de la macrofauna encontrada se puede concluir que la zona de manejo orgánico es un suelo con una salud buena y condiciones no tan dispersar al área natural.

V. CONCLUSIONES

El efecto que tienen las prácticas agrícolas y la pérdida de cobertura vegetal sobre la comunidad total de macrofauna del suelo indica la fuerte amenaza que sufren estos ecosistemas con la expansión agro-extractivista. El uso intensivo del sistema tradicional que incluye tala, quema y uso de químicos, debe de cambiar. Es necesario considerar la fauna del suelo como pieza fundamental en el estado y el mejoramiento de la calidad de suelo, considerada como la capacidad que tiene el suelo de proporcionar servicios ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Mario Molina Pasquel y Enríquez campus Arandas, el apoyo otorgado con horas de investigación para la realización de este proyecto. A la empresa de fertilizantes orgánicos LIXIUS, por compartir datos sobre el manejo ecológico del cultivo de

agave. Se agradece de manera especial al señor Abel Camarena, por dejar realizar esta investigación en sus terrenos de cultivo.

REFERENCIAS

- [1] V. V. Dokuchaev, *Sobre el estudio de las zonas de la Naturaleza. Zonas edáficas verticales*. Traducción y Prólogo de Fernando Ortega Sastriques. Edt. Científico-Técnica, La Habana. 1899.
- [2] A. García-Álvarez y A. Bello, "Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias," *I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost*. León, España. pp. 211. 2004. [En línea]. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-Bello-2004.pdf>
- [3] G. Eisenbeis and W. Wichard. *Atlas on the biology of soil arthropods*. Berlin, Springer Verlag. 1987.
- [4] A. Socarrás, "Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo," *Pastos y Forrajes*, vol. 36(1), 2013. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942013000100001&script=sci_arttext
- [5] S. Scheu, "The soil food web: structure and perspectives," *European Journal of Soil Biology*, vol. 38(11), 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01117-7](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01117-7)
- [6] (2023) Consejo Regulador del Tequila. <http://www.crt.org.mx>.
- [7] A. M. Del Puerto-Rodríguez, S. Suárez Tamayo y D. E. Palacio Estrada, "Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud," *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol. 52(3), pp. 372-387. 2014. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1561-30032014000300010&script=sci_abstract&tlng=en
- [8] T. Fuller, M. Munguía, M. Mayfield, V. Sanchez-Cordero, and S. Sarkar, "Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central Mexico," *Biological Conservation*, vol. 133, pp. 131-142. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.040>.
- [9] E. Velasquez and P. Lavelle, "Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecológica*, vol. 100(2), 103446, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446>
- [10] G. K. Frampton, "The potencial of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem," *Pedobiologia*, vol. 41, pp. 179-184, 1997.
- [11] H. Kopeszki, "An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola," *Pedobiologia*, vol. 41, pp.159-166.1997.
- [12] I. Rodríguez et al. "Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceba de toros," *Rev. cubana Cienc. Agríc*, vol. 36(2):181. 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018119015.pdf>
- [13] P. Wu and C. Wang, "Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring," *Geoderma*, vol 337, pp. 266-272, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031>.
- [14] T. Brévault, S. Bikay, J. Males, and K. Naudin, "Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system," *Soil and Tillage Research*, vol. 97(2), pp. 140-149, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.09.006>.