

Análisis Preliminar sobre la Abundancia y Diversidad de Fauna Edáfica Asociada al Cultivo del Agave Azul (*Agave Tequilana* Weber) con Dos Sistemas de Manejo Diferentes en el Municipio de Arandas, Jalisco

C. S. Magaña-Martínez^{#1}, L. I. Pérez-Valencia^{#2}, W. David Rodríguez^{*3}

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

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

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

³william.rodriguez@academicos.udg.mx

Resumen— Se presentan los primeros resultados que surgen de la investigación de la calidad que tiene el suelo en dos sistemas de cultivo de *Agave tequilana*. La investigación se centra en analizar la abundancia de fauna edáfica y propiedades fisicoquímicas del suelo, con esto relacionar su estado con el tipo de manejo que tiene cada zona del cultivo. Entre los resultados más sobresalientes destaca el alto porcentaje de conductividad eléctrica que se obtuvo de la zona con manejo químico, además de la baja abundancia de fauna edáfica en esta misma zona al comparar con otro cultivo con un manejo más ecológico. Esta investigación se convierte en un punto inicial y de apoyo importante para posteriores estudios sobre monitoreo de la calidad del suelo utilizando a la micro y macrofauna edáfica.

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

I. INTRODUCCIÓN

La fauna del suelo es un pilar fundamental en los diversos procesos de descomposición de la materia orgánica, lo que ayuda significativamente en acelerar y reciclar los nutrientes, con esto aumentar de manera particular el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno [1].

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 [2].

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 en sus poblaciones y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad del suelo [3]. Por

tales motivos, es considerada como un buen indicador biológico 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 tenido un aumento significativo en los últimos años. Un dato valioso indica que el consumo de agave creció a la par de la producción de Tequila presentando un incremento del 43.5% en el periodo enero-noviembre 2021 vs enero-noviembre 2020 llegando a 1 millón 866 mil toneladas de agave consumido [4]. 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 [5]. 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.

El estado de calidad del suelo se puede evaluar como una medida en su capacidad para funcionar de la mejor manera en relación con un uso específico [6]. El suelo se considera un recurso no renovable, pero además de producir, debe descomponer la materia orgánica y al hacer esto reciclar nutrientes, renovándose a sí mismo [7].

La abundancia y diversidad de la microfauna del suelo hace que sean muy valiosos para la estructura edáfica y se

han estudiado como indicadores de la calidad y salud del suelo [8;9]. Por lo que su uso potencial para evaluar el nivel de químicos en cultivos de agave en Arandas, puede resultar de gran utilidad. Conocer cómo se presentan los patrones de la biodiversidad de la fauna del suelo en hábitats bien conservados como en zonas transformadas por las causas antrópicas es el primer paso para entender la forma en que las actividades humanas pueden ser causa principal de la alteración de las funciones naturales del recurso. Por esta razón, en este trabajo realizamos un análisis de la diversidad y abundancia de la fauna de los suelos asociados a cultivos de *Agave tequilana* y relacionar los datos al tipo de manejo que se lleva a cabo en el cultivo.

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, 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 un periodo de febrero-junio, 2022. Las muestras de suelo de los diferentes biotopos fueron tomadas de forma aleatoria en dos cultivos con un manejo diferente, uno con manejo tradicional (químico) y otro con un manejo utilizando fertilizantes de origen natural y un manejo de suelo sustentable (ecológico) (Fig. 1), además se realizaron colectas del mismo tipo en una zona con vegetación natural, esto para tener otro parámetro de comparación extra sumadas a las de cultivo. Los núcleos de suelo fueron de igual tamaño (95 cm²), 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. 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.



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

C. Análisis de suelo.

Los análisis que se llevaron a cabo para el suelo incluyeron parte física, química y biológica: 1) análisis de porcentaje de fragmentos gruesos y tierra fina; 2) Ph; 3) conductividad eléctrica; 4) contenido de humedad; 4) contenido de materia orgánica; 5) abundancia y diversidad de fauna edáfica (Fig. 2).



Fig. 2. A. Análisis de tamaño fragmentos. B. Muestras en mufla para calcinado de m.a. C. mezcla de suelo con agua destilada. D. sistema embudos de Berlese-Tullgren.

D. Análisis en laboratorio

Como punto inicial, las muestras de suelo deben de ser separadas en fragmentos gruesos (FG) y tierra fina (TF), esto porqué para realizar análisis físico-químicos, se deben realizar sobre tierra fina (≥ 2 mm), para este paso las muestras de suelo fueron colocadas en una tamizadora con diferente tamaño de tamiz (50,25,16,1mm). Para obtener la proporción FG, TF, cada parte resultante de cada nido de tamiz fue pesada con precisión en balanza analítica. Una vez que se obtiene muestra fina suficiente (500 g), se llevan a cabo las siguientes determinaciones analíticas del suelo.

El segundo paso fue determinar el pH y la conductividad eléctrica (CE), para esto se utilizó un analizador multiparámetro de laboratorio Consort (C3030), en primer lugar, se tomaron 100grs de suelo y se mezclaron durante 10 minutos con 100ml de agua destilada, terminado el tiempo la muestra se filtró y seguidamente introducir los electrodos para pH y CE se procedió a realizar las mediciones, según indicaciones del fabricante del instrumento, el tiempo requerido para la estabilización generalmente es de 1 min o menos, se procede a leer pH y CE una vez estabilizada la lectura.

La tercera etapa incluye análisis de humedad y materia orgánica del suelo (m.o). Para el primer caso el método se basa en eliminar la humedad contenida en la muestra mediante secado en estufa (105°+24 hrs), se colocan 10 g de suelo en una cápsula de porcelana en la balanza, y por diferencia de peso una vez terminado el tiempo en la estufa, se calcula el porcentaje de agua. La determinación de la m.o se realiza por el método de pérdida de peso por ignición

(LOI). El método se basa en la ignición de una porción del suelo seco y molido en un horno de mufla a 400°C. A esta temperatura se produce la pérdida de la materia orgánica del suelo en forma gaseosa, principalmente como CO² y vapor de agua.

III. RESULTADOS

A. Características fisicoquímicas

Los resultados correspondientes al porcentaje de FG y TF muestran que el mayor porcentaje de FG se obtuvo en el área natural y el menor en el área con manejo ecológico. Así mismo el porcentaje de TF fue mayor en el área con manejo ecológico, el menor porcentaje se obtuvo en la zona de área natural (Tabla I).

TABLA I
ANÁLISIS DE LOS FRAGMENTOS GRUESOS (FG) Y DE SU COMPARACIÓN CON LA TIERRA FINA (TF) PARA CADA PUNTO DE MUESTREO.

Tipo de manejo	%FG	%TF
Químico	68.07	31.92
Ecológico	55.86	44.06
Área natural	76.87	23.88

Los resultados obtenidos para las características fisicoquímicas se muestran en la Tabla 2. El primer dato a tomar fue el pH, en este punto en la zona de manejo ecológico se obtuvo el valor más alto en relación a las otras (6.62), por el contrario, la zona de manejo químico obtuvo el más bajo (6.04). En lo que se refiere a los niveles de conductividad eléctrica (C.E), el promedio más alto se obtuvo de la muestra de la zona con manejo químico (839.75 μS/cm), el más bajo fue en el área natural (377.75 μS/cm). El siguiente parámetro analizado referente al mejor porcentaje de contenido de humedad, se obtuvieron en el área natural (8.15), el dato más bajo se obtuvo de la zona con manejo químico (6.9). Por último, en el apartado fisicoquímico, el promedio más alto de materia orgánica se obtuvo en las muestras del área natural (21.75%), por consiguiente, el promedio más bajo fue el área con manejo químico (6.6%).

TABLA II
VALORES DE pH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E), CONTENIDO DE HUMEDAD (% H), CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (% M.O) POR CADA ZONA DE COLECTA.

Tipo de manejo	pH	C.E μS/cm	% H	% M.O
Químico	6.04	839.75	6.9	6.6
Ecológico	6.62	467.33	6.37	16.8
Área natural	6.24	377.75	8.15	21.75

B. Análisis de fauna del suelo

Cabe aclarar que, hasta el momento, solo se ha llevado a cabo el conteo general de todos los organismos, pero en una segunda etapa del proyecto, se realizará la separación, agrupación y conteos por cada grupo de organismos diferentes que se identifiquen en las muestras, por ahora los datos presentados solo abarcan las abundancias totales. Del total de muestras analizadas hasta la fecha, se han obtenido

un total de 1764 organismos pertenecientes a la fauna del suelo (meso y macrofauna), la distribución de estos datos en los diferentes sistemas de manejo se muestran en la figura 1. Las muestras provenientes de la zona del área natural, son las que más cantidad de organismos de fauna del suelo se han obtenido (821), por el contrario, la zona con manejo químico es la que menor abundancia ha presentado hasta la fecha (199).



Fig 3. Abundancia de organismos del suelo obtenidos por cada sitio de colecta.

IV. DISCUSIÓN

Lo más sobresaliente encontrado hasta ahora en esta investigación esta enfocado hacia la parte química y biológica del suelo.

El primer dato a discutir es que en general, el pH en los tres sitios de toma de muestras se mantiene dentro del rango óptimo de los suelos agrícolas, este puede tener una variación ideal entre 6.5 y 7.0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad [11]. Este parámetro del suelo es importante monitorear constantemente, ya que influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, de no tener un adecuado nivel se puede ocasionar una toxicidad o que los macro y micronutrientes no se encuentren en niveles adecuados para las plantas [12].

En el caso de la C.E, resalta la zona con manejo químico por encontrarse un porcentaje relativamente alto en este parámetro (839.75 μS/cm), esta es una medida indirecta de la concentración de sales, el suelo naturalmente tiene disueltas sales, por lo que la conductividad eléctrica puede ser muy baja pero nunca nula. Las sales son buenas para los organismos que las consumen disueltas en el agua, pero un exceso de sales puede ser perjudicial para la salud del suelo y los organismos que habitan en él. Las sales pueden, también, dificultar la penetración de agua en el suelo y aumentar la aparición de compactación superficial [13]. Aunque los niveles están por debajo de 1000 μS/cm, nivel que es considerado un suelo levemente salino, se destaca la zona con manejo químico, se acerca al umbral para ser considerado suelo levemente salino. Al contrario de los otros dos sitios, que mantienen sus promedios a más de la mitad por debajo de la zona con manejo químico, lo que se considera suelos no salinos [14].

En lo que refiere a la fauna edáfica, está claro que una de las funciones que resaltan es permitir procesos vitales para los ecosistemas, como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes [15], por lo que, a mayor presencia de la misma, mejor será la calidad de suelo. Con esto se ve claramente que el suelo con manejo químico tiene bajas densidades poblacionales de meso y microfauna y al tener presente la importancia de la fauna, podemos dar un primer paso a predecir que la calidad de este suelo comparado con los otros dos (ecológico y área natural) es de menor calidad. En la medida que el uso de fertilizantes y otros químicos inorgánicos disminuya, se podrán preservar mejor la biota del suelo y con esto aumentar su estructura y fertilidad.

V. CONCLUSIONES

Estos son los primeros datos obtenidos de una investigación proyectada a durar al menos un año de muestreos, esto para abarcar las cuatro estaciones del año y tratar de obtener la mayor cantidad de datos y como se van comportando a lo largo de los diferentes ciclos estacionales. Por este motivo no se pueden aportar conclusiones mas exactas al momento, será hasta finalizar el estudio que se logre llegar a mejores conclusiones. Pero se destaca las grandes diferencias que se han obtenido en los análisis fisicoquímicos y biológicos, entre la zona con manejo químico y la de manejo con agentes orgánicos, la cual en este ultimo no vemos resultados tan diferentes de los resultados de la zona de área natural. Esto nos da una pauta inicial de que el tipo de manejo utilizando sustancias inorgánicas, puede generar alteraciones al suelo en la parte química pero más aun en la biológica. Solo queda esperar a llegar al completar el proyecto con el año de colectas y análisis y con esto aportar mejores resultados y conclusiones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Arandas, el apoyo otorgado con horas de investigación para la realización de este proyecto así como al apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías CONAHCYT. A la empresa de fertilizantes orgánicos LIXIUS, por compartir datos del manejo ecológico que le dan al cultivo de agave. Se agradece de manera especial al señor Abel Camarena, por dejar realizar esta investigación en sus terrenos de cultivo.

REFERENCIAS

- [1] 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.
- [2] A. Socarrás, "Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo", *Pastos y Forrajes*, Vol. 36(1), 2013.
- [3] S. Scheu, "The soil food web: structure and perspectives", *European Journal of Soil Biology*, vol 38(11), 2002.
- [4] (2022) Consejo Regulador del Tequila. [En línea] Disponible en: <http://www.crt.org.mx>. 2022.
- [5] 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.
- [6] E. G. Gregorich, M. R. Carter, D. A. Angers, C. M. Monreal, and B. H. Ellert, "Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils", *Canadian J. of Soil Science*, vol. 74(4), pp. 367-385, 1994.
- [7] G. Soto. "Calidad de los suelos: una nueva visión del suelo". *I Congreso Latinoamericano de Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica*. Managua, Nicaragua, 2009.
- [8] G. K. Frampton, "The potencial of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem", *Pedobiología*, vol. 41(1), pp. 179-184, 1997.
- [9] H. Kopeszki, "An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola", *Pedobiología*, 41(1), pp. 159-166, 1997.
- [10] INEGI (2022). Mapas de vegetación y edafología. Escala 1:1,000,000. Arandas, Jalisco. México. [En línea]. Disponible en <https://www.inegi.org.mx>.
- [11] R. Prasad and J. F. Power, *Soil fertility management for sustainable agriculture*, CRC Press, New York, 1997.
- [12] J. B. James Jr., *Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility*, CRC PRESS, Florida, USA, 2002.
- [13] D. L. Cortés, J. H. Pérez, J. H. Camacho-Tamayo, "Conductividad eléctrica suelo", *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 16(2), pp. 401-408, 2013.
- [14] M. V. Cremona y A. S. Enriquez, "Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: el pH y la conductividad eléctrica", *Presencia*, vol. 73, pp. 5-8, 2020.
- [15] D. L. Dindal, *Soil biology guide*. Wiley Interscience, New York, USA, 1990.