

LOMBRICES DE TIERRA COMO INDICADORAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRUTILLA (*FRAGARIA X ANANASSA*) CON MANEJOS DIFERENTES

EARTHWORMS AS INDICATORS IN TWO STRAWBERRY (*FRAGARIA X ANANASSA*) PRODUCTION SYSTEMS WITH DIFFERENT MANAGEMENT

Medina O. D.¹, Bautista J.¹, Alabar F.², Condorí S.¹ y Gallardo C.¹

¹ Cátedra de Zoología Agrícola, Universidad Nacional de Jujuy; Facultad de Ciencias Agrarias - UNJu; ² Cátedra de Agroclimatología, Universidad Nacional de Jujuy; Facultad de Ciencias Agrarias - UNJu

*Autor para correspondencia:
omarmedina@fca.unju.edu.ar

RESUMEN

Período de Publicación:
Diciembre 2024

Historial:
Recibido: 02/02/2024
Aceptado: 08/09/2024

La agroecología combina la producción de alimentos con el cuidado del suelo. El cultivo de frutilla se realiza de manera intensiva con prácticas de manejo que generan pérdida de biodiversidad, estructura y materia orgánica (MO) de suelo, posibilitando la utilización de lombrices como bioindicadoras en cultivos de frutilla con diferentes manejos. El trabajo se llevó a cabo en dos sistemas de producción de frutilla uno con manejo agroecológico (MA) y otro con manejo tradicional (MT), ambos de 0,25 ha y ubicados en Jujuy, Argentina. Se tomaron 10 muestras de suelo en cada sistema con la ayuda de un monolito 15x30 cm y 20 cm de profundidad, se separaron las lombrices a mano y se cuantificaron (cantidad y peso). Se determinó el porcentaje de materia orgánica (2,36 y 0,56 % para MA y MT respectivamente). Se encontró diferencias significativas entre los dos sistemas de manejo, siendo el MA el de mayor cantidad y biomasa de lombrices (992 kg/ha en MA). La biomasa de lombrices es un bioindicador de sencilla utilidad para inferir en la salud de un suelo.

Palabras clave: suelo, manejo, bioindicadores

SUMMARY

Agroecology combines food production with soil care. Strawberry cultivation is carried out intensively with management practices that generate loss of biodiversity, structure, and soil organic matter (OM), enabling the use of earthworms as bioindicators in strawberry crops with different managements. The work was carried out in two strawberry production systems, one with agroecological management (AM) and the other with traditional management (TM), both of 0.25 ha and located in Jujuy, Argentina. In each system, 10 soil samples were taken with the help of a 15x30 cm and 20cm deep monolith. The earthworms were manually

separated and quantified (quantity and weight). The organic matter percentage was determined (2.36 and 0.56% for AM and TM respectively). Significant differences were found between the two management systems, being the AM the one with the largest quantity and earthworms' biomass (992 kg/ha in MA). Earthworm biomass is an easy-to-use bioindicator to infer soil health.

Keywords: bioindicators, management, soil

INTRODUCCIÓN

La agroecología es un nuevo campo de conocimientos, un enfoque, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y un fuerte componente ético, para generar conocimientos y validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables (Sarandón & Flores, 2014). Todos los sistemas de evaluación de impacto ambiental o de sustentabilidad tienen al suelo como un factor a evaluar de gran importancia (Loaiza Cerón *et al.*, 2014. D'Angelcola & Delprino, 2021), ya que el suelo constituye el sustento de la actividad agropecuaria y, por lo tanto, el sustento de la humanidad.

Dentro de las variables del suelo que se miden para evaluar el impacto de la actividad agropecuaria están: cobertura, diversidad de cultivos, síntomas de erosión (Loaiza Cerón *et al.*, 2014), materia orgánica, compactación, disponibilidad de nutrientes, (D'Angelcola & Delprino, 2021) y el uso de algunos bioindicadores como la microbiota, meso y macrofaunaedáfica (de Andréa, 2010; Socarrás e Izquierdo, 2014; Frene *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2020). Debido a que el suelo puede albergar una gran diversidad de seres vivos en un espacio muy reducido, los bioindicadores constituyen una herramienta muy importante para estimar la salud de un suelo (Zerbino & Altier, 2006; Wall, 2020; Coyne *et al.*, 2022).

Dentro de la macrofauna, las lombrices de tierra procesan grandes volúmenes de material orgánico, por lo que son organismos dependientes de este factor, entre otros (Falco & Momo, 2010). Durante su actividad aumentan la estabilidad de agregados, porosidad del suelo y, por lo tanto, la infiltración de agua en consecuencia, disminuyen la erosión hídrica (Pinheiro Machado, 2016; Orgiazzi y Panagos, 2018, Lucas *et al.*, 2019, Rodríguez *et al.*, 2020). A esta serie de beneficios que son necesarios para un suelo sano, es decir, para que tenga la capacidad de funcionar de manera sostenible como un sistema vivo vital que sustenta plantas, animales y humanos (Wade *et al.*, 2022. Coyne *et al.*, 2022), se agrega que las lombrices son organismos sensibles a las sustancias tóxicas (de Andréa, 2010) y a la remoción de suelo (Wild, 1992). Además, poseen una movilidad moderada, ciclos de vida relativamente largos y tienen un comportamiento activo que les permite seleccionar su hábitat según sus características físicas, químicas y biológicas; todas estas características las convierten en un bioindicador útil para evaluar la salud del suelo (Momo *et al.*, 2003).

El cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa*) se realiza de manera intensiva con prácticas de manejo que tradicionalmente involucran siempre la preparación de una cama de plantación bien mullida (remoción de suelo), seguida de una desinfección química o física del suelo. Además, luego de la plantación se aplican fungicidas, insecticidas, sales fertilizantes y también se utilizan herbicidas en los surcos de riego o entrebordos (Kirschbaum, 2010; Undurraga & Vargas, 2013). Esto genera pérdida de biodiversidad del suelo, estructura, materia orgánica y, por lo tanto, de fertilidad (Khoshnevisan *et al.*, (2013). Esta serie de consecuencias sobre el suelo posibilita la utilización de lombrices como bioindicadoras de la salud del suelo en cultivos de frutilla con diferentes manejos de suelo (Li *et al.*, 2021). El objetivo de este trabajo es cuantificar la cantidad y biomasa de lombrices en dos cultivos de frutilla con manejos diferentes para

considerar a las lombrices como posibles bioindicadoras de la salud del suelo en el cultivo de frutilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en dos sistemas de producción de frutilla uno con manejo agroecológico (MA) y otro con manejo tradicional (MT), ambos realizados en 0,25 ha y ubicados en la localidad de Perico, Jujuy, Argentina durante el año 2022. Tanto el MA como el MT se trasplantaron el 30 de abril, con plantines del mismo vivero y variedad (Camino Real).

El MA consistió en la preparación del terreno 15 de noviembre del año anterior (15/11/2021) con una sola pasada de subsolador, dos de rastra, el armado de bordos con reja y la implantación de un cultivo de cobertura. A este se le hizo dos cortes, se aplicó guano ovino compostado y se colocó la cobertura de plástico negro el 24 de marzo. Luego del trasplante, se aplicó supermagro con mochila pulverizando al cuello a partir de la brotación, se aplicó el mismo de manera foliar una vez cada 7 a 10 días. Los surcos de riego se sembraron con cebada y nabo, y durante el verano (de diciembre del 2022 a marzo del 2023) se dejó que las plantas de frutilla se taparan con vegetación espontánea debido a las altas temperaturas y a la escasez de agua para riego (seca histórica ver: <https://sissa.crc-sas.org/>). Una vez que descendió la temperatura y se estabilizaron las lluvias, a finales del semestre cálido y por el efecto atemperador de las lluvias, se procedió a cortar las espontáneas y a podar estolones. Los riegos se realizaron cada 7 días durante la brotación luego de la plantación, cada 14 días en primavera y principios del verano (diciembre 2022) hasta que los canales se quedaron sin agua como consecuencia de la sequía registrada en la provincia Jujuy (<https://sissa.crc-sas.org/>); luego el primer riego del 2023 se pudo hacer en abril y de ahí en adelante se realizaron cada 14 días.

El MT consistió en la preparación de suelo una semana antes del inicio de plantación, sus labores fueron una pasada de cincel, una de rastra, el armado de los bordos con rotobator, fertilización química de base y colocación de mulching plástico. Se aplicó fungicida al trasplante, insecticidas para el control de plagas y los surcos de riego se mantuvieron sin plantas mediante una aplicación de herbicida y luego con asada. De la misma manera, durante el verano se dejó crecer las plantas espontáneas dentro del surco para cubrir a las plantas del calor. Luego, en marzo 2023 se eliminaron las plantas espontáneas con herbicidas. Los riegos se realizaron cada 5 a 7 días según demanda durante todo el año (sus canales no se quedaron sin agua nunca).

El 10/05/2023 se tomaron 10 muestras de suelo en cada sistema, 5 muestras de bordos y 5 de surcos de riego con la ayuda de un monolito de madera de 15x30 cm y 20cm de profundidad (Rodríguez *et al.*, 2020) y se llevaron al Laboratorio de Zoología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias UNJu para separar a mano las lombrices. Posteriormente, se determinó el número y peso de las lombrices en cada muestra. Se hizo una muestra compuesta solo de los bordos de plantación y se envió al laboratorio de la Finca Experimental La Posta para determinar el contenido de materia orgánica. La distribución del muestreo se hizo de la siguiente manera: se dividió la parcela de frutilla de ambos sistemas en 3 partes. Se tomaron 4 (2 de bordo y 2 de surco) muestras en el primer tercio, 2 (1 de bordo y 1 de surco) en el segundo y 4 (2 de bordo y 2 de surco) en el tercero.

Se aplicó un Análisis de la Varianza a un factor con bloque (ANOVAB) para el número y biomasa de lombrices registradas en los diferentes manejos para determinar si se observan diferencias significativas (p-value 0,05). Los manejos fueron considerados con factor y los sitios, bordo o surco, como bloque, ya que el propósito es comparar los diferentes manejos. El ANOVAB consistió en el Test de Friedman desarrollado con la función Friedman de *agricolae* (de Mendiburu, 2014) en el software R (R Core Team, 2022). Para el peso de las lombrices consideramos solamente aquellas registradas en el MA y mediante el test de Mann Whitney con la función Wilcox_Test (Hothorn *et al.*, 2012) determinamos si existían diferencias significativas entre los surcos y bordos del sistema de producción. Posteriormente se analizó la asociación entre biomasa de lombrices y el contenido de MO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observan diferencias significativas (Test de Friedman: $S=2$; $p\text{-value} < 0.05$) del número y biomasa de lombrices registradas en los diferentes manejos.

El peso de lombrices en los sitios surco y bordo muestran diferencias significativas ($Z = -2.6112$, $p\text{-value} = 0.007937$).

Tabla 1: Número y peso de lombrices de las muestras de surco y bordo en ambos sistemas. Materia orgánica de los bordos.

| Manejo | | Muestra | N° lombrices | Peso total (gr) | M. Orgánica (%) |
|---------------|-------|---------|--------------|-----------------|-----------------|
| Agroecológico | bordo | 1 | 12 | 1,6 | 2,36 |
| | | 2 | 3 | 0,18 | |
| | | 3 | 10 | 0,6 | |
| | | 4 | 1 | 0,01 | |
| | | 5 | 1 | 0,25 | |
| | surco | 1 | 22 | 11 | |
| | | 2 | 11 | 8,5 | |
| | | 3 | 20 | 6,5 | |
| | | 4 | 18 | 9 | |
| | | 5 | 8 | 7 | |
| Tradicional | bordo | 1 | 0 | 0 | 0,56 |
| | | 2 | 0 | 0 | |
| | | 3 | 0 | 0 | |
| | | 4 | 0 | 0 | |
| | | 5 | 0 | 0 | |
| | surco | 1 | 0 | 0 | |
| | | 2 | 0 | 0 | |
| | | 3 | 0 | 0 | |
| | | 4 | 0 | 0 | |
| | | 5 | 0 | 0 | |

En promedio y llevado a hectárea, la cantidad de lombrices en el MA fue de 2.355.556 y la biomasa de 992 kg. También se obtuvo una correlación positiva entre la biomasa de lombrices y el porcentaje de MO.

Como menciona Coyne (2022) y Wade (2022), el concepto de salud de suelo es muy amplio y difícil de medir de manera concreta, sin embargo, el trabajo de las lombrices en el suelo es tan importante que su presencia mejora las condiciones del suelo que son necesarias para su cuidado y el correcto crecimiento vegetal, coincidiendo con Li y equipo (2021) en que son una fuente de información útil para determinar el grado de degradación del suelo. Por ejemplo, la mayor infiltración de agua que menciona Pinhero Machado (2016), Lucas (2019) y Rodríguez (2020), queda reflejada en la capacidad que tuvo el suelo del MA de mantener vivas las plantas a pesar de que no se las pudo regar de diciembre a marzo en unos de los veranos más secos y cálidos de los últimos 60 años de registro. En consecuencia, podemos decir que nuestros resultados demuestran que el MA es compatible con el cuidado y resiliencia del suelo, coincidiendo con lo redactado por Sarandón & Flores (2013). De la misma manera, la biomasa de

lombrices por hectárea en el MA entra en el rango de suelo sano mencionado por Pinheiro Machado (2016).

Como lo muestra Falco y Momo (2016), la MO es un factor necesario para la proliferación de las lombrices lo que también queda reflejado en nuestros resultados. Siendo importante resaltar que los beneficios de la MO en un suelo son muy conocidos y aceptados (Pinherio y Pinherio (h), 2016). Se pudo observar que, a pesar de la remoción de suelo que se hizo en el MA al inicio del proceso productivo, luego de un año de no remoción, la población y biomasa de lombrices mostró buenos niveles. Sin embargo, el MT que hizo pocas labores de labranza, en un año de no remoción tuvo ausencia de lombrices por lo que, en este caso, podría ser otro el factor que haya impidiendo la proliferación de lombrices.

Dentro del MA, la mayor cantidad de lombrices ocurrió en el surco de riego, que es donde el suelo permanece más húmedo. Coincidiendo con Falco y Momo (2010), esto estaría mostrando la capacidad de las lombrices de seleccionar el hábitat que más les conviene siendo la humedad del suelo un factor muy importante para ellas.

CONCLUSIÓN

La biomasa de lombrices es un bioindicador de sencilla utilidad para inferir en la salud de un suelo. Siendo una herramienta de fácil registro para que un productor en campo pueda conocer el estado de salud de su suelo en un momento determinado y también para registra su evolución a lo largo del tiempo.

En un contexto con adversidades climáticas más frecuentes (cambio climático), el MA permitió tener un indicio de una mayor acumulación de agua en su perfil, esta idea quedó reflejada en que los diferentes manejos del suelo y del cultivo afectaron el registro de lombrices de tierra y, por lo tanto, las funciones que estas cumplen en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Coyne, M.S., Pena-Yewtukhiw, E.M., Grove, J.H., Sant'Anna, A.C. y Mata-Padrino, D. (2022). Soil health – It's not all biology. *Soil Security*, Volume 6,100051, ISSN 2667-0062. DOI: 10.1016/j.soisec.2022.100051.
- D'Angelcola, M.E. y Delprino, M.R. (2021). Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental - SEPIA : una herramienta de trabajo para la gestión sostenible de los territorios. 1 ed- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ediciones INTA, 2021. Libro digital, PDF.
- De Andréa, M. M. (2010). O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número Especial 2: 95-107.
- Falco, L. B. y Momo, F. (2010). Selección de hábitat: efecto de la cobertura y tipo de suelo en lombrices de tierra. *Acta Zool. Mex*, Xalapa, vol 26, n. spe 2, p. 179-187, enero.
- Felipe de Mendiburu (2014). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package versión 1.2-0. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Frene, J. P., Gabbarini, L. A. y Wall, L. G. (2018). El manejo agrícola como herramienta clave para una agricultura de conservación. Su análisis desde la bioquímica y la microbiología del suelo. *Divulgatio. Perfiles académicos de posgrado*, 2(5), 1-16. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2773>

- Hothorn, T.; Hornik, K.; van de Wiel, M. A. y Zeileis, A. (2006). "A Lego system for conditional inference." *The American Statistician*, 60(3), 257-263. doi:10.1198/000313006X118430 (URL: <https://doi.org/10.1198/000313006X118430>).
- Kirschbaum, D. (2010). *Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de frutilla*. Buenos Aires : Ediciones INTA. ISBN: 978-987-1623-75-4.
- Khoshnevisan, B.; Rafiee, S. y Mousazadeh, H. (2013). Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *European Journal of Agronomy*, 50 (), 29-37. DOI: 10.1016/j.eja.2013.05.003
- Li, Y. Wang, J. y Shao, M. (2021). Assessment of earthworms as an indicator of soil degradation: A case-study on loess soil. *Land Degradation & Development*, (), -. DOI: 10.1002/ldr.3928.
- Lucas, M., Schlüter, S., Vogel, J.J. y Vetterlein, D. (2019). Soil structure formation along an agricultural chronosequence. *Geoderma*, vol 350, pag 61-72, ISSN 0016-7061. Doi: 10.1016/j.geoderma.2019.04.041.
- Loaiza Cerón, W.; Carvajal Escobar, Y. y Ávila Díaz, A.J. (2014). *Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuenca Centella (Daugua, Colombia)*.
- Momo, F. R., Falco, L.B. y Craig, E.B. (2003). Las lombrices de tierra como indicadores del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología* Nº 8 – Agosto – Páginas 55 – 63.
- Orgiazzi, A. y Panagos, P. (2018). "Soil biodiversity and soil erosion: It is time to get married. Adding an earthworm factor to soil erosion modelling". European Commission, Joint Research Centre (JRC), Directorate for Sustainable Resources, Land Resources Unit, Ispra, Italy. DOI: 10.1111/geb.12782
- Pinheiro Machado, L. C. (2016). *Pastoreo Racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio (1ra ed., 6ª reimp.)*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferios Sur. (336 p.) (ISBN: 978-950-504-576-1).
- Pinheiro Machado, L. C. y Pinheiro Machado, L. C. (Filho) (2016). *La Dialéctica de la Agroecología. Contribución para un mundo con alimentos sin venenos (1ra ed.)*. Bs. As: Hemisferio Sur. (280 p.) (ISBN: 978-950-504-632-4).
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez, M.P.; Dominguez, A.; Ferroni, M.M.; Wall, L.G. y Bedano, J.C. (2020). The Diversification and Intensification of Crop Rotations under No-Till Promote Earthworm Abundance and Biomass. *Agronomy* 2020, 10, 919; doi: 10.3390/agronomy10070919.
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0.
- Socarrás, A. e Izquierdo, I. (2014). Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. *Pastos y Forrajes*, Vol. 37, No. 1, enero-marzo, 47-54.
- Undurraga, P. y Vargas, S. (2013) *Manual de frutilla*. Boletín INIA Nº 262. 112 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.

- Wade, J.; Culman, S. W.; Gasch, C. K.; Lazcano, C.; Maltais-Landry, G.; Margenot, A. L.; Martin, T. K.; Potter, T. S.; Roper, W. R.; Ruark, M. D.; Sprunger, C. D. y Wallenstein, M. D. (2022). Rigorous, empirical, and quantitative: a proposed pipeline for soil health assessment. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 170, 108710. Doi: 10.1016/j.soilbio.2022.108710.
- Wall, L. G. (2020). *Historias del inframundo biológico* (1ra ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina (208 p.) (ISBN: 978-987-629-994-7).
- Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell* (Versión española). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (ISBN: 84- 7114-400-X).

Agraria