

Residuos orgánicos en la reproducción de *Eisenia foetida* L y en calidad de lombricompost

Organic residues in *Eisenia foetida* L reproduction and as lombricompost

María Amparo Gilces Reyna¹, Lexy Sánchez-Gavilanes¹, Gema Macias-Bazurto¹, Francisco Lafuente Álvarez²

¹Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

²Universidad Valladolid, España.

Autor de correspondencia: amparogilces71@gmail.com

Recibido: 16/10/2023. Aceptado: 06/06/2024
Publicado el 11 de julio de 2024

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de residuos en la reproducción de *E. foetida*, caracterización fisicoquímica y fitotoxicidad de lombricompost. En esta investigación se analizaron 8 tratamientos: T1: bovinaza, T2: gallinaza, T3 tamo de maíz, T4: cáscara de maní, T5: bovinaza + cáscara de maíz, T6: bovinaza + cáscara de maní, T7: gallinaza + tamo de maíz y T8: gallinaza + cáscara de maní. Se evaluaron parámetros de reproducción, como número, tamaño y peso de lombrices. Los parámetros fisicoquímicos del lombricompost analizados fueron: rendimiento, humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, concentración nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que la fitotoxicidad se la analizó frente a semillas de *Lactuca sativa*. Los resultados obtenidos mostraron que en el T1 se lograron reproducir 912 unidades con una longitud media de 4,86 cm mismas que se generaron 17,17 kg de lombricompost, el T7 presentó mayor concentración de nitrógeno (2,64%) y contenido de materia orgánica 52,71%, el pH se mantuvo en valores neutros (6,9-7,2); mientras que conductividad eléctrica fue baja (0,22-0,64 ds/m). Ninguno de los tratamientos presentó toxicidad frente a semillas *L. sativa*, más bien los T1, T3, T4, T5, T7 y T8 presentaron actividad fito estimulante en la germinación de semilla. La transformación biológica de desechos es una importante herramienta para el manejo de residuos que influye en la reproducción de *E. foetida*, en rendimiento, calidad de lombricompost y estimula la germinación de *L. sativa*.

Palabras clave: *E. foetida*, desechos orgánicos, rendimiento, crecimiento, calidad.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of residues on the reproduction of *E. foetida*, the physicochemical characteristics and phytotoxicity of vermicompost. In this research, 8 treatments were analyzed: T1: bovine manure, T2: poultry manure, T3 corn chaff, T4: peanut shell, T5: bovine manure + corn husk, T6: bovine manure + peanut shell, T7: poultry manure + corn chaff and T8: poultry manure + peanut shell. Reproduction parameters such as number, size and weight of worms were evaluated. The physicochemical parameters of the vermicompost analyzed were yield, moisture, bulk density, pH, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus and potassium concentration, while phytotoxicity was analyzed against *Lactuca sativa* seeds. The results obtained showed that T1 was able to reproduce 912 units with an average length of 4,86 cm and generated 17,17 kg of vermicompost, T7 presented a higher concentration of nitrogen (2,64%) and organic matter content of 52,71%, the pH remained in neutral values (6,9-7,2), while the electrical conductivity was low (0,22-0,64 ds/m). None of the treatments showed toxicity to *L. sativa* seeds, but T1, T3, T4, T5, T7 and T8 showed phytostimulant activity on seed germination. Biological transformation of wastes is an important tool for waste management that influences *E. foetida* reproduction, yield, vermicompost quality and stimulates *L. sativa* germination.

Keywords: *E. foetida*, organic wastes, performance, growth, quality.

Introducción

La acumulación de residuos representa un riesgo para la salubridad y el medio ambiente, debido a ellos, los países desarrollados cada día implementan tecnologías que permitan convertirlos en fuentes generadoras de energías (Villegas-Cornelio y Laines Canepa, 2017). El lombricompost es el resultado de la biooxidación, degradación y transformación de residuos orgánicos vegetales o animales por medio de lombrices como *E. foetida* bajo condiciones controladas de humedad y temperatura (Sonntag *et al.*, 2022).

Según Ding; *et al.*, (2021), el uso de lombricompost influye benéficamente en las características fisicoquímicas del suelo; estimulando el incremento y la calidad de la materia orgánica; presentándose como una importante alternativa ante los productos sintéticos que aplicados en excesos conllevan a implicaciones negativas en el manejo eficiente de los recursos naturales, con esto también concuerda Neha y Jagdeep (2023).

Según un informe emitido por Verified Market Research (VMR, 2024), el mercado de lombricompost en el año 2022 se valoró en 98,68 billones de dólares, con una provisión para el año 2030 de 271,56 es decir una previsión de tasa de crecimiento anual de 15,56% a escala mundial. En el caso de Ecuador, son las provincias de Guayas, Azuay, Tungurahua, Los Ríos y Pichincha donde se ha fomentado esta práctica (Campoverde Santos *et al.*, 2020).

Los biofertilizantes obtenidos por la descomposición de materia orgánica aportan con nutrientes como K, Ca, S, Fe, Mn, P y N (Tammam *et al.*, 2023) pero sus características, rendimiento y sus efectos podrían verse condicionados a factores como la alimentación de las lombrices, lo cual es demostrado en estudios como los realizados por Vodounnou *et al.*, (2024) quien analizó el impacto de diferentes dietas en el crecimiento de la lombriz, encontrando mejores resultados en los tratamientos en los que se aplicó bovinaza.

Así también en el trabajo realizado por Riascos *et al.*, (2022) donde se observó que una mayor concentración de residuos de vegetales favoreció la presencia de potasio a diferencia de las dietas con gallinaza que incrementó el contenido de fósforo y materia orgánica.

Por lo antes expuesto se propuso el siguiente trabajo de investigación que tuvo como objetivo principal “Evaluar el efecto de lombricompost elaborados a partir residuos en la reproducción de lombriz *E. foetida*, las características fisicoquímicas del lombricompost y la toxicidad en semillas de *L. sativa*”.

Metodología

Este estudio se ejecutó en los predios de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) ubicados en la parroquia de Lodana, provincia de Manabí (-1.1760707253263103, -80.38629471603299), Ecuador.

Recolección de residuos

La gallinaza se obtuvo en la granja avícola “Catalina” en la parroquia Colon Quimis, del cantón Portoviejo provincia de Manabí. La bovinaza en la Facultad de Ciencias Veterinaria de la UTM, la cáscara de maní en un centro de acopio de la parroquia Pachinche Adentro y la cáscara de maíz se recolectó en los predios de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UTM. Los residuos vegetales fueron triturados en un molino de martillo marca Sirca y tamizados en un instrumento No. 10 obteniendo un tamaño de partícula de 2 mm. Los materiales fueron pesados y mezclados. El peso de los residuos recolectados fue de gallinaza 342,96 kg, bovinaza 514,5 kg, cáscara de maní 121 kg y cáscara de maíz 63,5 kg.

Caracterización fisicoquímica de residuos utilizados

Se evaluó la humedad y materia seca por el método de estufa, el pH (marca Hanna Instruments, la conductividad eléctrica se la analizó mediante la lectura en conductímetro estándar marca YSI, el carbono total por la técnica de combustión seca. La materia orgánica fue valorada por el método de calcinación, la concentración de nitrógeno se analizó considerando el método g, el carbono total y la concentración carbono nitrógeno C:N se obtuvo dividiendo la concentración de carbono sobre el contenido de nitrógeno. Todos los análisis fueron realizados en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en Pichilingue.

Preparación de pre-compost

Con el objetivo de mantener las condiciones óptimas para la descomposición de los sustratos y adaptación de las lombrices, se hizo un proceso de pre-compostaje. Se analizaron analizaron 8 tratamientos T1: bovinaza, T2: gallinaza, T3 tamo de maíz, T4: cáscara de maní, T5: bovinaza + tamo de maíz (2:1) T6: bovinaza + cáscara de maní (2:1), T7: gallinaza + tamo de maíz (1:1) y T8: gallinaza + cáscara de maní (1:1). Cada tratamiento fue realizado por triplicado obteniéndose 24 unidades experimentales. Cada unidad fue ubicada en una cama de ladrillo (1,10*1,20*0,40 m) en una edificación cubierta y con techado.

Siembra de lombriz.

Se introdujeron 400 lombrices jóvenes y 2 kg de residuos por cada unidad experimental. Las lombrices y los sustratos fueron distribuidos en cada lecho en capas de 10 centímetros. Durante el proceso de compostaje se controló la temperatura, humedad con un termohigrómetro marca Kex- Germany. así como la oxigenación por medio de volteo manual, el cual fue realizado mensualmente durante 4 meses. Finalizado este periodo, se procedió a contar las lombrices y se seleccionó una muestra compuesta por 100 crías para tomar el peso y medida de las muestras utilizando una balanza Pioneer Px3202 y un calibre Vernier.

Análisis de calidad de lombricompost

Las características físico químicas evaluadas fueron humedad, conductividad eléctrica (CE), pH, materia orgánica (MO), materia mineral (Mm), carbono orgánico (CO), relación carbono nitrógeno (C/N) y densidad aparente, de acuerdo con la norma NMX-FF-109-SCFI-2008. El fosforo y potasio por calorimetría de laboratorios HANNA INSTRUMENTS HI3896.

Ensayo de fitotoxicidad

En cajas Petri de 150 mm de diámetro se colocó en papel filtro 20 semillas de *L. sativa* y 5 ml de extracto acuoso del lombricompost, el que se obtuvo tomando 10g de muestra y diluyéndolo en 50ml de agua destilada, se llevó a agitación a temperatura ambiente por 50 minutos posteriormente fue filtrado en papel Whatman 1 se filtró; mientras que para el tratamiento testigo, las semillas fueron colocadas sobre la caja Petri y agua destilada. Los tratamientos fueron expuestos por 4 días en ausencia de luz, considerando la metodología usada por Varnero *et al.* (2007).

Para calcular el índice de germinación (IG) se consideró el porcentaje de germinación relativo (PGR) multiplicado por el crecimiento de radícula relativo (CRR) sobre 100. En las ecuaciones 1, 2 y 3 se detalla el cálculo de los parámetros antes enunciados.

La toxicidad del lombricompost fue clasificada considerando los criterios establecidos por Zucconi *et al.*, (1981) quien indica que hasta 50% las enmiendas orgánicas presentan alta toxicidad, 51 - 80% es moderada, 81-100% no existe toxicidad y >100% existe actividad estimulante para la germinación de semillas por parte del lombricompost.

Análisis estadístico

Los análisis fueron realizados por triplicado y los resultados fueron procesados en el estadígrafo Minitab versión 21.4.0 para lo cual se evaluó la normalidad por Anderson Darling, se aplicó una prueba de ANOVA y la diferencia significativa mediante análisis de Tukey ($p > 0,05$).

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica de los residuos utilizados

En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los residuos empleados para el proceso de lombricompost, en donde se puede observar que la bovinaza concentra mayor cantidad de materia orgánica, carbono, relación carbono nitrógeno y humedad. La gallinaza presentó una mayor conductividad eléctrica y pH, mientras que la cáscara de maíz presentó una mayor concentración de nitrógeno.

$$PGR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en solución}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en testigo}} * 100 \quad (1)$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en solución}}{\text{Elongación de radícula en testigo}} * 100 \quad (2)$$

$$IG = \frac{PGR * CRR}{100} \quad (3)$$

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los residuos utilizados

Tratamiento	Parámetro							
	MO	C%	N%	C/N	H (%)	M.S (%)	pH	Ce (ds/m)
Cáscara de maní	33,2	18,68	1,1	16,98	13	87	5,5	5
Tamo de maíz	25,1	14,6	1,5	7,28	16,8	83,2	6,5	13,5
Bovinaza	49,5	28,7	1,1	26,1	63,3	36,7	6,4	19,1
Gallinaza	45,8	26,56	1,1	24,15	13,77	86,2	7,2	26,2

M.O: Materia orgánica, C: Carbono, N: Nitrógeno, C/N: relación carbono nitrógeno, H: humedad, M.S: materia seca, CE: conductividad eléctrica.

En la Figura 1 se observa que el T1 presentó mayor rendimiento de lombricompost evidenciándose diferencias significativas con el resto de tratamientos ($p > 0,05$), resultandos menores a los reportados por Ramnarain *et al.* (2019) quien evaluó el efecto una enmienda con estiércol vacuno, paja de arroz y pasto.

En la Figura 2, se observa que el T1 presenta diferencias significativas ($p > 0,05$) con el resto de tratamientos en la reproducción de lombrices (912 unidades) finalizado el proceso de lombricompost; mientras que el tratamiento T8 presentó un menor rendimiento. Valores similares a los presentados por Adi y Noor (2009) quienes aplicaron residuos de bovinaza y cáscara de café (30:70). Al ser una importante fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo y calcio, la

aplicación de estiércol de bobino podría contribuir a una mayor reproducción de la lombriz en relación a los otros residuos utilizados (Da Silva *et al.*, 2023).

En la Figura 3, se presentan los resultados obtenidos del crecimiento de las lombrices, se observó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, lo que indica que la alimentación no influyó en la longitud de las lombrices, dando valores similares a los obtenidos por Canales-Gutiérrez *et al.*, (2021) quien combinó estiércol bovino con residuos vegetales. No obstante, Manaig (2016) indica que el crecimiento de las lombrices está directamente relacionado a su alimentación, demostrando que la elección de un sustrato adecuado puede ser importante para la reproducción de la lombriz.

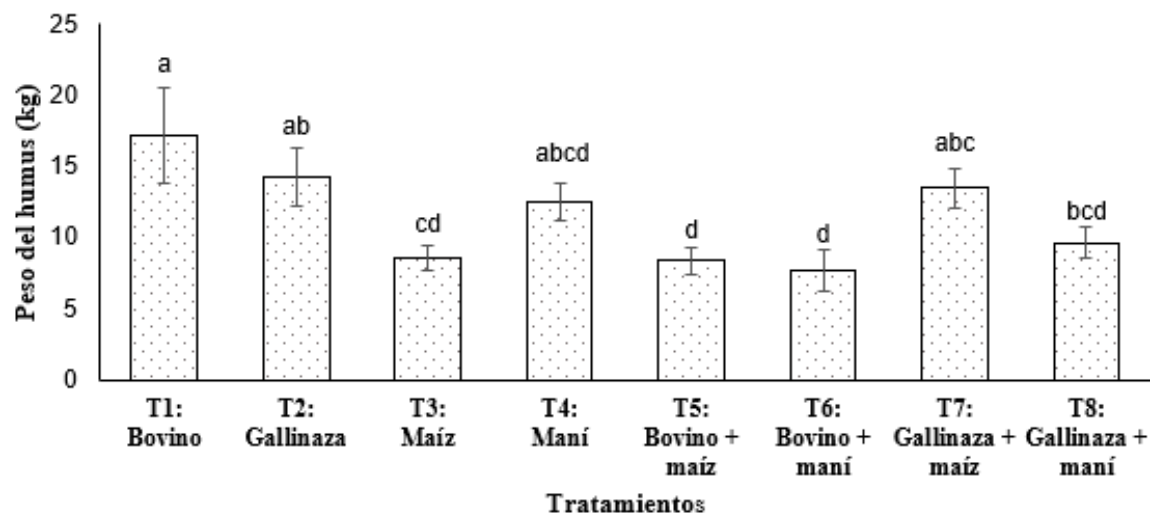


Figura 1. Peso (kg) de cada uno de los tratamientos una vez concluido el proceso de lombricompost. Letras representan diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey $p > 0,05$)

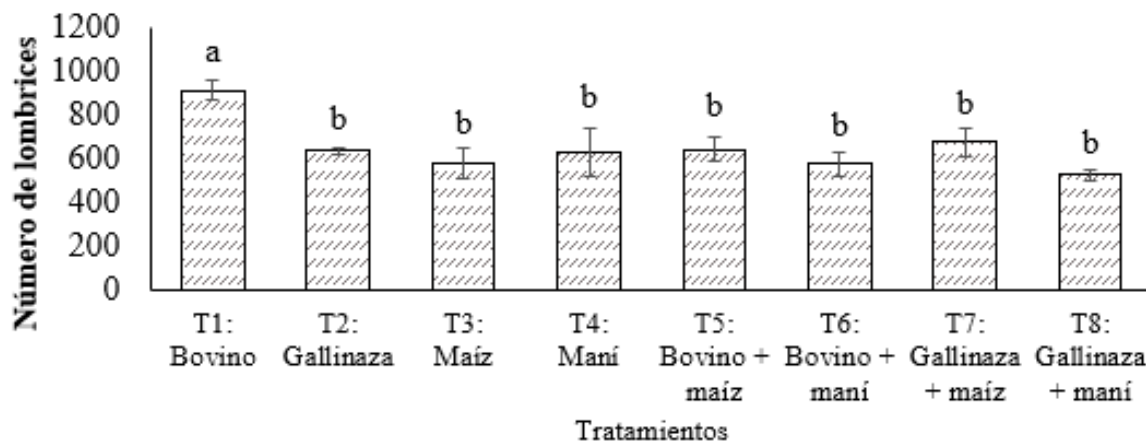


Figura 2. Número de lombrices por tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey $p > 0,05$)

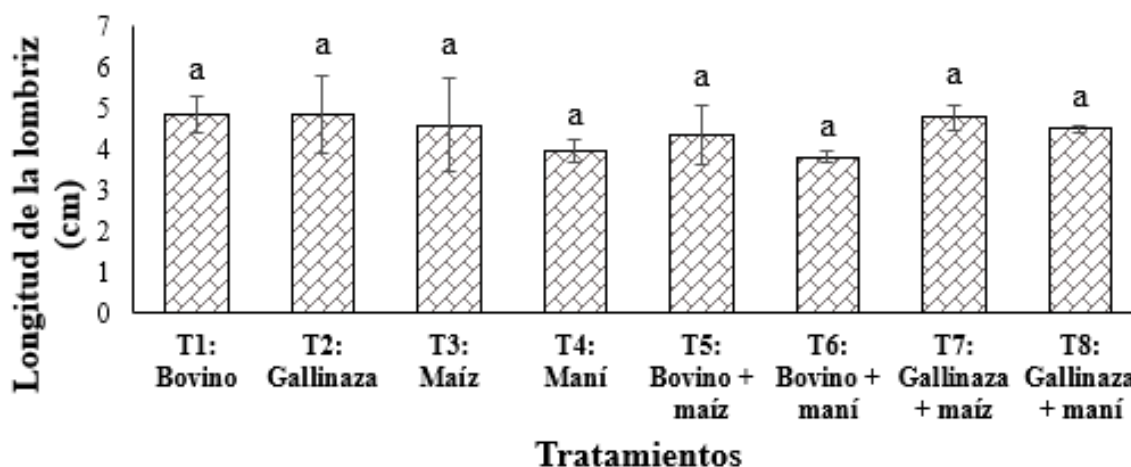


Figura 3. Longitud de lombriz. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey ($p > 0,05$)

Tabla 2. Características físicas de lombricompost

Tratamientos	H (%)	MS (%)	C.E. (ds/m)	Da (g cm ⁻³)
T1: Bovino	42,33ab	57,67bc	0,41ab	0,71ab
T2: Gallinaza	35,56c	64,44a	0,39ab	0,77 ^a
T3: Maíz	41,07a	58,93c	0,64a	0,64b
T4: Maní	40,79a	59,21c	0,22b	0,48 ^a
T5: Bovino + maíz	38,37ab	61,63bc	0,47ab	0,67b
T6: Bovino + maní	42,28ab	57,72bc	0,33ab	0,64b
T7: Gallinaza + maíz	39,30abc	60,70abc	0,44ab	0,66b
T8: Gallinaza + maní	38,33bc	61,67ab	0,33ab	0,69b

H: humedad, M.S: materia seca, C.E: conductividad eléctrica, Da: Densidad aparente. Letras representan diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey $p > 0,05$)

En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización física del lombricompost, la materia seca fue similar a la reportada por Zhang *et al.* (2020), quienes analizaron la calidad de lombricompost obtenido a partir de lodos deshidratados, con valor inferior a la presentada por Singh *et al.* (2023) quien obtuvo resultados que oscilaron entre 61,53% a 86,25% en un estudio en donde se analizaron parámetros fisicoquímicos de las enmiendas obtenidas de la descomposición de estiércol de vaca y residuos agrícola, en el mismo trabajo se observó que la humedad se encontró entre 13,75% y 38,48%, al contrario de la materia sólida, esta incrementó en relación a la altura de la pila en que se tomó la muestra. La conductividad eléctrica (C.E) en el lombricompost dependen de los residuos empleados (Lim *et al.*, 2015), pero que a altos niveles (<4ds/m) podría tener efectos tóxicos lo que limitaría el desarrollo de plántulas (Valenzuela y Gallardo, 1997). Se reportaron resultados inferiores al presentado por

Robe (2021) (3,2–6,7 ds/m) y a la presentada por (Mahaly *et al.*, 2018) (0,71ds/m) quien evaluó las características físicas de un lombricompost elaborados con biomasa obtenida de la destilación de hojas de té. Mientras que la densidad aparente se encontró en valores entre 0,48 y 0,71 g/cm³, esta fue mayor (0,33 g/cm³) a la presentada por Hernández *et al.* (2008) quien analizó las características físicas de un lombricompost elaborado con estiércol y residuos de palma de coco y similar (0,66 g/cm³) a la determinada por Zanor *et al.* (2018). Los parámetros físicos de todos los tratamientos se encuentran dentro de lo establecido por la NORMA NMX-FF-109-SCFI-2008.

En la Tabla 3, se muestran las características químicas de los diferentes tratamientos, en caso del pH fue similar al reportado en el estudio de Gupta *et al.* (2014) en donde se elaboró lombricompost con 100% de estiércol de vaca, es importante indicar también que el pH juega un rol esencial

en la reducción de metales pesados durante el proceso de lombricompost, según Singh y Kalamdhad (2013) el pH en escala neutra reduce la biodisponibilidad de estos elementos. El contenido de materia orgánica y en C/N fue similar que al presentado por Ugur *et al.* (2019). En el caso de nitrógeno y carbón orgánico la concentración fue mayor a la presentada por Trivikrama *et al.* (2023). Durante el proceso de lombricompost la relación carbono nitrógeno disminuyó, similar a lo reportado por Guzmán *et al.* (2020), lo cual según Boruah *et al.* (2019) se podría atribuir a la actividad respiratoria de los microorganismos y lombrices, lo que demuestra que la inclusión de estiércol bovino es importante debido a que contribuye al incremento de nutrientes (Khatua *et al.*, 2018). En el caso de la conductividad eléctrica, se observó un decrecimiento en el lombricompost en relación a lo presentado en los residuos, lo que podría deberse a la liberación de minerales durante la descomposición de los residuos orgánicos en forma de cationes (Tognett *et al.*, 2013). Sin embargo, es importante indicar que los valores de los análisis químicos obtenidos se encuentran dentro de lo establecido en la norma NMX-FF-109-SCFI-2008.

Se puede observar en la Figura 4, que ningún tratamiento presentó toxicidad, siendo el T4 en el cual se observó mayores resultados considerando la clasificación establecida por Zucconi *et al.* (1981).

Los resultados obtenidos fueron mayores a los reportados por Hernández-Rodríguez *et al.* (2017); quienes analizaron el efecto de diferentes proporciones de lombricompost combinado con turba de musgo; mientras que en el trabajo realizado por Vithirak y Chuleemas Boonthai, (2018) se

analizó la toxicidad de lombricompost elaborado con residuos de hojas de té, logrando un porcentaje de germinación en *L. sativa* del 95%. Así también los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Quintela-Sabaris *et al.* (2022) quien evaluó el efecto fitotóxico en semillas de *Lipidium sativum* de una enmienda elaborada con biomasa de *Acacia dealbata*. Los autores antes citados hacen énfasis en que la transformación de residuos mediante lombricompost reduce la movilidad de los metales pesados disminuyendo los niveles de toxicidad, con esto concuerda Martínez Madrid y Marrugo-Negrete (2021) quienes aseveran que el uso de enmiendas favorece a germinación y desarrollo de plantas.

Prueba mediante ensayo de fitotoxicidad

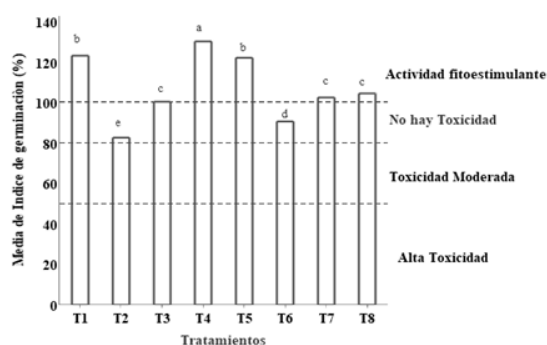


Figura 4. Fitotoxicidad de lombricompost en germinación de semillas de *L. sativa*. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p > 0,05$)

Tabla 3. Análisis de parámetros químicos de lombricompost

Tratamientos	pH	Mm (%)	M. O. (%)	CO (%)	N (%)	C/N	P	K
T1: Bovino	7,10a	58,39ab	41,61cd	20,64c	2,22ab	11,17b	Alto	Alto
T2: Gallinaza	7,05a	56,16bc	43,8bc	23,38ab	2,52ab	10,60b	Alto	Alto
T3: Maíz	7,01a	62,43 ^a	37,57d	24,57bc	1,56b	13,51 ^a	Alto	Alto
T4: Maní	7,25a	58,39ab	41,61cd	23,54bc	2,07ab	11,24b	Alto	Alto
T5: Bovino + maíz	7,04a	53,00c	47,00b	24,74bc	2,05ab	11,57ab	Alto	Alto
T6: Bovino + maní	7,24a	53,77c	46,23b	24,68bc	2,24ab	11,12b	Alto	Alto
T7: Gallinaza + maíz	6,96a	47,34d	52,06a	29,30a	2,63a	11,32b	Alto	Alto
T8: Gallinaza + maní	6,98a	58,26ab	41,74cd	22,65c	2,27ab	11,29b	Alto	Alto

Mm: Materia mineral, **M.O:** Materia orgánica, **CO:** Carbono orgánico, **N:** Nitrógeno, **C/N:** Relación carbono nitrógeno, **K:** Potasio y **P:** Fosforo. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p > 0,05$).

Conclusiones

La transformación del estiércol bovino T1 en lombricompost presentó mayor rendimiento de biomasa, número y longitud de *E. foetida*. Los parámetros fisicoquímicos de todos los tratamientos se encontraron dentro de los rangos establecidos por la Norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008. Los tratamientos estudiados no presentaron fitotoxicidad, a excepción de los tratamientos T2 y T6 que no tuvieron actividad fito estimulante en la germinación de semillas de *L. sativa*. Finalmente se concluye que la transformación de los desechos empleados en el presente estudio, permitió obtener un abono orgánico que cumple con los estándares de calidad conforme a los análisis realizados.

Agradecimientos

Para la ejecución de esta investigación los autores adquirieron fondos económicos otorgados por la Universidad Técnica de Manabí por medio del programa II Becas para el Desarrollo de Investigación Científica 2019, el cual se lo realizó en conjunto con la Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) , lo cual permitió construir una infraestructura en donde se llevaron a cabo actividades de reproducción de las lombrices y producción de lombricompost.

Referencias bibliográficas

- Adi, A. y Noor, Z. (2009). Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology*, 100(8), 1027-1030. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.02>
- Boruah, T., Barman, A., Kalita, P., Kalita, J. y Deka, H. (2019). Vermicomposting of citronella bagasse and paper mill sludge mixture employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, 294(1), 122-147. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122147>
- Campoverde Santos, D. K., Velasco Matveev, L. A. y Acurio Martínez, W. (2020). Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de alimento animal. *Ciencia digital*, 3(1), 22-35. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1354>
- Canales-Gutiérrez, Á., Mestas-Gutiérrez, N. y ChambiAlarcon, M. (2021). Growth and production of cocoons of *Eisenia foetida* (redworm) on four substrates. *Revista de Investigación Veterinaria de Peru*, 32(5), 1-6. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/19843/17317>
- Da Silva, L., Da Silva, E., S. Morais, F., Portela, J., T. de Oliveira, F., De Freitas, D., Almeida Ferreira, E., Gurgel, M., Pinheiro, A., Lima, R., Vasconcelos, A. y De Sousa Antunes, L. (2023). Potential of vermicomposting with mixtures of animal manure and vegetable leaves in the development of *Eisenia foetida*, microbial biomass, and enzymatic activity under semi-arid conditions. *Journal of Environmental Management*, 330(45), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117169>
- Ding, Z., Kheir, A., A.M. Ali, O., Hafez, E., ElShamey, E. A., Zhou, Z., Wang, B., Lin, X. y Ge, Y. (2021). A vermicompost and deep tillage system to improve saline-sodic soil quality and wheat productivity. *Journal of Environmental Management*, 2-17. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111388>
- Gupta, R., Yadav, A. y Garg, V. (2014). Influence of vermicompost application in potting media on growth and flowering of marigold crop. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3(47), 42-47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40093-014-0047-1>
- Guzmán Cedeño, A., Zambrano-Pazmiño, D. E., Conforme Álava, M. A. y Vera Vera, B. R. (2020). Microbial inoculum with cellulolytic capacity for compost production in manabí-ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 13(12), 39-45. <https://doi.org/https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/391/448>
- Hernández, J., Guerrero L., Mármol, L., Bárcenas, J. y Salas, E. (2008). Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia*, 33(9), 268-271. <https://acortar.link/zBixLD>
- Hernández-Rodríguez, A., Robles-Hernández, L., OjedaBarrios, D., Prieto-Luévano, J., González-Franco, A. y Guerrero-Prieto, V. (2017). Semicompost and vermicompost mixed with peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings. *Interciencia*, 42(11), 774-779. <https://www.redalyc.org/journal/339/33953499012/html/>
- Joshi, S. y Mudgal, V. (2023). Influence of Cocopeat and Vermicompost on Growth and Yield of Cucumber. *Economy. Environment. and Construction*, 29(3), 189-195. <http://doi.org/10.53550/EEC.2023.v29i01s.02>
- Khatua, C., Sengupta, S., Krishna Balla, V., Kundu, B., Chakraborti, A. y Tripathi, S. (2018). Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using *Eisenia fetida*. *Waste Management*, 79(6), 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.043>
- Lim, S., Wu, T. Y., Pei, L. y Shak, K. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 1-18. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- Mahaly, M., Senthilkumar, A., Arumugam, S., Kaliyaperumal, C. y Karupannan, N. (2018). Vermicomposting of distillery sludge waste with tea leaf residues. *Sustainable Environment Research*, 18(6), 223-227. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117169>

- org/10.1016/j.serj.2018.02.002.
- Manaig, E. (2016). national E-publication: Publish Projects, Dissertation, Theses, Books, Souvenir, Conference Proceeding with ISBN. International E-Bulletin: Information/News regarding: Academics and Research. Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences, 4(1), 2016. https://www.isca.me/AGRI_FORESTRY/Archive/v4/i1/1.ISCA-RJAFS-2015-057.pdf
- Martínez Madrid, D. y Marrugo-Negrete, J. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Daisy Escarlet Martínez. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2), 1-14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:2272
- Neha, D. y Jagdeep, K. (2023). Impact of increasing pesticides and fertilizers on human health: A review. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 14-28. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.766>
- Quintela-Sabaris, C., Mendes, L. y Domínguez, J. (2022). Vermicomposting as a Sustainable Option for Managing. *Sustainability*, 14(21), 2-11. <https://doi.org/10.3390/su142113828>
- Ramnarain, Y., Ansari, A. y Ori, L. (2019). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(4), 23-36. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-018-0225-7>
- Riascos, A., Crespo-López, G., Guerrero-Guerrero, E. y Medina-Mesa, Y. (2022). Effect of food source on the chemical composition of Californian red worm (*Eisenia foetida*) vermicompost. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(3), 1991-2000. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v56n3/2079-3480-cjas-56-03-e08.pdf>
- Robe, E. (2021). Preparation and characterization of vermicompost made from different sources of materials. *Open Journal of Plant Science*, 6(1), 1-7. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/354995967_Preparation_and_characterization_of_vermicompost_made_from_different_sources_of_materials
- Singh, J., y Kalamdhad, A. (2013). Effect of *Eisenia fetida* on speciation of heavy metals during vermicomposting of water hyacinth. *Ecological Engineering*, 60(1), 214-223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.010>
- Singh, S., Jogdand, S., Naik, R., Victor, V., Pradhan, M. y Sonboir, H. (2023). To study the physical and engineering properties of vermicompost. *The Pharma Innovation Journal*, 12(6), 236-241. <https://doi.org/https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue6/PartC/12-5-446-375.pdf>
- Sonntag, E., Grimm, D. y Rahmman, G. (2022). Vermiculture for Human Nutrition across Scales – Potentials and Limitations. *International scientific*, 2(5), 1-3. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230163>
- Tammam, A., Moez Shehata, R., Pessarakli, M. y El-Aggan, W. (2023). Vermicompost and its role in alleviation of salt stress in plants – I. Impact of vermicompost on growth and nutrient uptake of salt-stressed plants. *Journal of Plant Nutrition*, 46(7), 1446–1457. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2072741>
- Tognett, C., Laos, F., Mazzarino, M. y Hernández, M. (2013). Composting vs. Vermicomposting: A Comparison of End Product Quality. *Compost Science & Utilization*, 13(1), 6-13. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702212>
- Trivikrama Raju, J., Bhakar, S., Mahesh, K., Lakhawat, S., Ugur, S., Ulutaş, Z. y Fazli, W. (2019). Physico-chemical Status of Vermicompost Processed by Earthworm Species *Eisenia fetida*. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 7(11), 1868-1871. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i11.1867-1871.2799>
- Valenzuela, O. y Gallardo, C. (1997). Uso de lombricompost como medio de crecimiento para plantines de tomate (cv. Platense). *Revista Científica Agropecuaria*, 1(6), 15-21. http://ns1.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%201/rca_1_pdf/Valenzuela-5-15-21.pdf
- Varnero, M., Rojas A., C. y Orellana R, R. (2007). Phytotoxicity indices of organic residues during composting. *Revista Ciencias de suelo y Nutrición Vegetal*, 7(1), 28-37. <https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v7n1/art03.pdf>
- Verified Market Research. (Febrero de 2024). Global Vermicompost Market Size By Application, By Product Type, By Geographic Scope And Forecast. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/vermicompost-market/>
- Villegas-Cornelio, V. y Laines Canepa, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- VITHIRAK, H. y CHULEEMAS BOONTHAI, I. (2018). INTRODUCTION Research article Feasibility Study of Using Vermicompost Extract on Seed Germination on Green Romaine (*Lactuca sativa* L. var. Jericho) and Green Batavia (*Lactuca sativa* L. var. Concept) Lettuce. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 9(1), 168-172. <https://iserd.net/ijerd91/IJERD9-1-27.pdf>
- Vodounnou, E., Kpogue, D., Tossavi, C., Mennsah, G. y Fiogbe, E. (2024). Effect of animal waste and vegetable compost on production and growth of earthworm (*Eisenia fetida*) during vermiculture. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 17, 87-92. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-016-01195/metrics>
- Zanor, G. A., López-Pérez, M., Martínez-Yáñez, R., Ramírez-Santoyo L, L. F., Gutiérrez-Vargas, S. y León-Galván, M. (2018). Physical and chemical properties improvement of an agricultural soil mixed with

- vermicompost from two biodigester effluents. Ingeniería Investigación y tecnología, 19(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.036>
- Zhang, H., Li, J., Zhang, Y. y Huang, K. (2020). Quality of Vermicompost and Microbial Community Diversity Affected by the Contrasting Temperature during Vermicomposting of Dewatered Sludge. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(3), 1-12. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/5/1748>
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. y Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle, 22(5), 54-57. <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluatingtoxicity-of-immature-compostZucconi-Pera/eb205f0cac75b2bee759cef8657005d61a87fc1>

