

De residuo a fertilizante: Uso de lombrices y hongos para producir abonos orgánicos

Resumen

El objetivo de esta investigación fue optimizar la transformación de estiércol ovino y aserrín de pino en abono orgánico mediante el uso de la lombriz *Eisenia fetida* y del hongo *Trichoderma* sp. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro tratamientos: semicompostaje, semicompostaje con *Trichoderma* sp., vermicompostaje mediante lombriz *Eisenia fetida*, y vermicompostaje con *Trichoderma* sp., durante 190 días, realizando cinco muestreos en los que se evaluaron las siguientes variables: carbono orgánico total, nitrógeno total, relación carbono/nitrógeno (C/N), conductividad eléctrica, macro y micronutrientes. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento fue el de vermicompostaje en sinergia con *Trichoderma* sp., ya que aceleró la estabilización de la materia orgánica, redujo significativamente la relación C/N e incrementó el contenido de nutrientes en comparación con los demás tratamientos. De esta manera, la integración de *Eisenia fetida* y *Trichoderma* sp. constituye una estrategia biotecnológica eficaz para la producción de abonos orgánicos de calidad. **Palabras clave:** *Eisenia fetida*, *Trichoderma* sp, vermicomposta, semicomposta, relación C/N, nutrientes.

Abstract

The objective of this study was to optimize the conversion of sheep manure and pine sawdust into organic compost using the earthworm *Eisenia fetida* and the fungus *Trichoderma* sp. A split-plot experimental design was employed with four treatments: semi-composting, semi-composting with *Trichoderma* sp., vermicomposting using *Eisenia fetida*, and vermicomposting with *Trichoderma* sp., over a period of 190 days, with five sampling events during which the following variables were evaluated: total organic carbon, total nitrogen, carbon-to-nitrogen (C/N) ratio, electrical conductivity, and macro- and micronutrients. The results indicated that the best treatment was vermicomposting in synergy with *Trichoderma* sp., as it accelerated the stabilization of organic matter, significantly reduced the C/N ratio, and increased the nutrient content compared to

Ofelia Adriana Hernández Rodríguez¹.
Angélica Anahí Acebedo Barrera¹.
David Fernando Segura¹.

- (1) Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido: 9 de Febrero de 2026

Aceptado: 27 de marzo de 2026

the other treatments. Thus, the integration of *Eisenia fetida* and *Trichoderma* sp. constitutes an effective biotechnological strategy for the production of high-quality organic fertilizers.

Keywords: *Eisenia fétida*, *Trichoderma* sp., vermicomposting, semicomposting. C/N ratio, nutrients.

Introducción

El problema de desperdicios es grave en todo el mundo, más de la mitad de los residuos que se tiran a diario son materia orgánica (MO), es decir, restos rápidamente degradables por la naturaleza. Si se tomara la decisión de transformar estos residuos, se lograría obtener toneladas de abono orgánico (AO) apto para la agricultura. El uso de AO a base de residuos orgánicos (RO) es una solución efectiva para minimizar el daño ambiental, ya que se transforma la basura orgánica en composta, primer eslabón en la reducción, reutilización y reciclaje (Jazmín-Marín, 2019).

El compostaje, caracterizado por una etapa termófila, es un proceso bio-oxidativo mediante el cual los RO heterogéneos se transforman en MO estabilizada por la acción combinada de bacterias y hongos (Wilson y Parr, 1983).

Existen otros procesos de producción de AO, como el semicompostaje que trata de un sistema de transformación de tipo aeróbico que no atiende las características del compostaje, ya que, al ocurrir en volúmenes menores al requerido para compostaje, no presenta etapa termófila, por lo que los microorganismos de tipo mesófilo son los responsables de la degradación de los RO (Sánchez-Rosales et al., 2019).

Además, está el vermicompostaje, un proceso que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de RO mediante la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, un producto final estabilizado y homogéneo (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).

En la búsqueda de mejorar los procesos de producción de AO, se ha considerado el uso de organismos coadyuvantes como el *Trichoderma* sp. que es un hongo anaerobio facultativo que se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas y otros medios. Este hongo ejerce diversos efectos como agente de control biológico, ya que puede establecerse en el suelo y contribuir al control de enfermedades de las plantas. Además, obtiene nutrientes a partir de otros hongos a los que degrada, limitando así su desarrollo y contribuyendo a la descomposición de RO, por lo cual la incorporación de este hongo en los procesos de descomposición de la MO, los favorece (Ríos, 2014).

Con base en lo anterior, se estableció como objetivo de esta investigación optimizar la transformación de residuos orgánicos en abonos orgánicos mediante la incorporación de *Eisenia fétida* y de *Trichoderma sp.*, contribuyendo al aprovechamiento sostenible de residuos.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México, ubicado en las coordenadas 28°39'25.3"N, 106°05'13.5"O, con clasificación climatológica BSh, según Köppen modificado por García (1981), con temperatura máxima de 34°C y mínima de 9.6°C, y 403 mm de precipitación pluvial al año.

Para elaborar la mezcla de RO se utilizó como fuente de nitrógeno estiércol ovino y como fuente de carbono aserrín de pino. El contenido de humedad, nitrógeno total (NT) y carbono orgánico total (COT) de cada residuo se utilizó para calcular la cantidad necesaria de cada material para elaborar una mezcla inicial con relación carbono/nitrógeno (C/N) de 25/1 (Soto y Muñoz, 2002), lo cual se logró mediante una proporción de 1.00 kg de estiércol y 0.47 kg de aserrín, obteniéndose una mezcla con una humedad de 47.6%. Los reactores de descomposición se establecieron en contenedores plásticos de 60 L de capacidad, con seis perforaciones de 0.5 cm en la base para el drenaje. La duración del proceso de compostaje fue de 27 semanas.

El diseño experimental consistió en un diseño de parcelas divididas, con cuatro tratamientos (Cuadro 1), tres repeticiones, cinco lecturas a lo largo del tiempo.

En los tratamientos correspondientes al vermicompostaje se inocularon 10 lombrices adultas de la variedad roja californiana (*Eisenia fétida*) por L de sustrato (Hernández et al., 2010) 25 días después de establecido el experimento (DDE), con el objeto de evitar daño en las lombrices consecuente de una eventual elevación de la temperatura de los RO (Castillo et al., 2010). En los tratamientos con *Trichoderma sp.* la inoculación se realizó 27 DDE, con una dosis de 100 g por reactor.

Los riegos se aplicaron a criterio para mantener la humedad de los residuos entre 60 y 70% en los reactores sometidos a semicompostaje y entre 80 y 95% en los de vermicompostaje (Hernández et al., 2010), lo cual se determinó mediante la prueba al tacto (Soto y Muñoz, 2002). Los contenedores se colocaron sobre una mesa metálica bajo techo para pro-

Cuadro 1. Tratamientos establecidos.

Tratamiento	Sistema y organismo utilizado
Sc	Semicomposta
Sc+Tr	Semicomposta+Trichoderma sp
Vc	Vermicomposta con <i>Eisenia fétida</i>
Vc+Tr	Vermicomposta con <i>Eisenia fétida</i> +Trichoderma sp.

tegerlos del viento, del exceso de humedad o del lixiviado por el agua de lluvia.

Se realizaron cinco muestreos: a los 35, 70, 113, 155 y 190 DDE, recolectando aproximadamente 500 g de muestra de cada reactor, la cual se secó a temperatura ambiente a la sombra, se tamizó en malla del No. 20 y se empacó en bolsas de polietileno para su posterior análisis.

La temperatura ambiental y la de los residuos en descomposición se registraron los lunes, miércoles y viernes durante el estudio, utilizando para la temperatura ambiental un termómetro de máximas y mínimas (Fisher Scientific, Pittsburgh, Pennsylvania, USA). La medición de la temperatura de los residuos orgánicos se realizó en el centro de los contenedores utilizando un termómetro de pistilo con rango de -20° a 110°C .

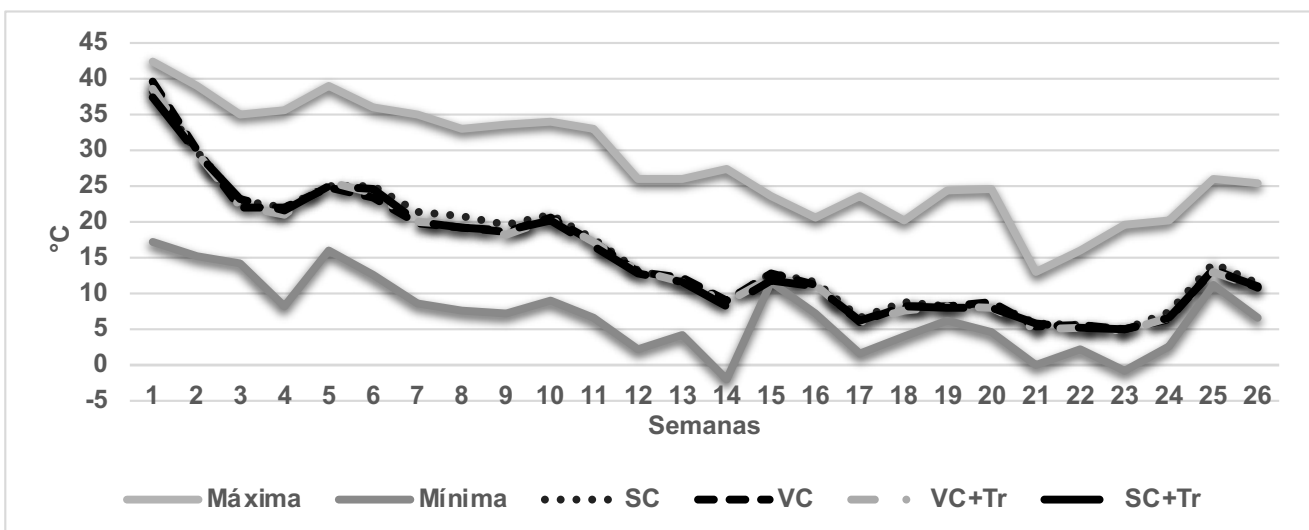
Se evaluaron las siguientes variables: NT por Micro-Kjeldahl (APHA, 1992), COT por Walkley-Black (ASTM, 2000), relación C/N mediante los valores de COT y NT obtenidos, macro y micronutrientes por digestión con agua regia y lectura con Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrometer PinAAcle 900H), y conductividad eléctrica (CE). Estas variables se cuantificaron a partir de tres réplicas analíticas.

Figura 1. Serie de tiempo del promedio de temperaturas máximas y mínimas ambientales y de las mezclas de residuos orgánicos bajo los distintos tratamientos. SC: semicomposta, VC: vermicomposta, VC+Tr: vermicomposta+Trichoderma sp., y SC+Tr: vermicomposta+Trichoderma sp.

Resultados y discusión

Los datos de las lecturas de la temperatura ambiental y de los residuos orgánicos para cada tratamiento, se muestran en la Figura 1.

En todos los reactores se observaron temperaturas iniciales elevadas respecto a las registradas durante el experimento, oscilando entre 24° y 27°C , correspondientes a la fase mesófila-activa, benéfica para la transformación de los RO (Yasmin, 2022), seguida por una tendencia descendente a medida que avanzaba el proceso, lo cual está estrechamente relacionado



con la disminución de la temperatura ambiental. A partir de los 70 días, las temperaturas de los RO descendieron entre 6.5° y 10.1°C a los 190 días. Este comportamiento coincide con lo señalado por Yasmin (2022), quien mencionó que la reducción térmica es indicativa de la transición hacia la fase de madurez de los abonos orgánicos.

En el Cuadro 2 se presentan las medias y las desviaciones estándar de los parámetros: COT, NT, relación C/N y CE. El contenido de COT mostró una disminución general a lo largo del tiempo, con valores iniciales más altos en los residuos de SC y SC+Tr. La menor concentración de COT hacia el final del proceso se observó en VC+Tr, lo cual indica una mayor degradación de la MO (Xie et al., 2023) y un mayor aprovechamiento del carbono por parte de microorganismos y lombrices (Galván-Díaz et al., 2022), lo cual está relacionado, además, con la mayor estabilidad del abono (Torti et al., 2019).

Por otro lado, el tratamiento SC+Tr presentó variaciones sin tendencia clara, lo que indica que *Trichoderma* sp. en ausencia de lombrices no fue suficiente para lograr un descenso uniforme.

Los resultados mostraron a los RO del SC con la menor cantidad de NT al inicio del experimento, lo que demuestra que

Cuadro 2. Parámetros evaluados en los residuos orgánicos bajo cuatro sistemas de transformación.

Los valores con letras mayúsculas diferentes (ABC) son significativamente diferentes para el tratamiento y con letras minúsculas diferentes (abc) significativamente diferentes para el tiempo, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). SC: Semicomposta, SC+Tr: Vermicomposta+*Trichoderma* sp., VC: Vermicomposta, VC+Tr: Vermicomposta+*Trichoderma* sp.

Tratamiento	Días de transformación				
	35	70	113	155	190
Carbono orgánico total (COT) g kg⁻¹					
SC	165.95±5.0aB	180.06±4.6aA	165.64±9.0bB	160.70±3.6aC	176.19±7.1aA
SC+Tr	134.04±5.7bE	182.61±7.2aA	171.78±8.2aB	158.59±6.5aD	165.93±5.0bC
VC	121.98±6.5cC	138.91±6.1bA	117.68±6.3cC	132.98±6.4bB	142.86±3.3cA
VC+Tr	131.56±8.7bB	122.64±6.4cC	97.28±4.9dD	132.28±2.8bB	139.56±3.3cA
Nitrógeno total (NT) g kg⁻¹					
SC	9.51±0.6bD	9.70±0.5bD	11.83±0.3bC	13.26±0.3aA	12.36±1.0aB
SC+Tr	12.08±0.6aB	12.32±0.7aB	12.36±0.6aA	12.64±0.4bA	10.33±0.4bC
VC	12.11±0.8aBC	12.57±0.4aB	12.29±0.7aB	13.10±0.7abA	11.95±1.0abC
VC+Tr	12.36±0.9a	12.45±0.9a	12.61±0.4ab	12.80±0.6ab	12.73±0.9a
Relación C/N					
SC	17.50±0.02aB	18.57±0.01aA	14.16±0.03aC	12.26±0.01aD	14.30±0.01bC
SC+Tr	11.12±0.06bE	14.79±0.01bB	13.88±0.02aC	12.55±0.01aD	16.27±0.01aA
VC	10.07±0.05bC	11.02±0.03cB	9.58±0.01bC	10.14±0.01bC	11.99±0.01cA
VC+Tr	10.62±0.04bA	9.85±0.02dA	7.71±0.01cB	10.34±0.01bA	11.06±0.01dA
Conductividad Eléctrica (CE) dS m⁻¹					
SC	1.34±0.02	0.46±0.01	0.58±0.03	0.18±0.01	0.29±0.01
SC+Tr	1.63±0.06	0.43±0.01	0.53±0.02	0.24±0.01	0.21±0.01
VC	1.62±0.05	0.61±0.03	0.77±0.01	0.51±0.10	0.28±0.01
VC+Tr	1.77±0.04	0.56±0.02	0.48±0.01	0.43±0.01	0.29±0.01

sin ayuda de un acelerador en un inicio es notoria la lenta degradación del material orgánico, sin embargo, se observó su progreso a lo largo del estudio. El mayor contenido de NT se observó a los 155 días en los RO de todos los tratamientos, disminuyendo alrededor del día 190, excepto en VC+Tr.

Lo anterior confirma lo indicado por Docampo (2013), quien señala la importancia de respetar las fases de degradación a lo largo del tiempo, para mantener la actividad microbiana y de las lombrices sin interrupción hasta su fase final, ya que, aunque los aceleradores permiten una rápida disponibilidad de NT en las primeras etapas, la SC sin aditivos alcanza concentraciones equiparables en fases más avanzadas, lo que resalta la importancia de evaluar no solo la velocidad de transformación, sino también la estabilidad del NT en el producto final. De acuerdo con estos resultados, el proceso de SC produce un abono orgánico con buenas características de madurez y calidad agronómica al final del estudio (El-mrini et al., 2022).

La relación C/N registrada en los RO para todos los tratamientos mostró reducción progresiva, lo que confirma la evolución natural del proceso de descomposición de la MO, en que el COT tiende a disminuir debido a su uso como fuente energética por los microorganismos, mientras que el NT se conserva en mayor medida en formas más estables (Bernal et al., 2017), indicando, además, la eficiencia en la mineralización del COT y estabilización de NT (Abiven et al., 2005).

La relación C/N en el tratamiento SC mantuvo valores más altos a lo largo del tiempo, lo cual indica una menor madurez del abono final en comparación con los tratamientos con *Eisenia* y/o *Trichoderma* sp., en que los resultados muestran que el tratamiento VC+Tr fue el más eficiente en la estabilización de residuos por su capacidad para reducir rápidamente la relación C/N y alcanzar los valores más bajos, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo para composta madura (El-mrini et al., 2022).

Por su parte, el tratamiento de VC también presentó un comportamiento eficiente, con valores de C/N dentro del rango de madurez a partir de los 113 días. Sin embargo, su reducción de COT fue menos pronunciada respecto a VC+Tr, indicando una degradación estable y menos intensa. En contraste, la SC+Tr evidenció un proceso de transformación más lento y heterogéneo. Este comportamiento muestra que la presencia de *Trichoderma* sp. sin la actividad de las lombrices no fue suficiente para garantizar una estabilización uniforme de la MO.

En el caso de los valores de CE, se observó una disminución significativa en los RO sometidos a los distintos tratamientos a

lo largo del estudio, sin diferencias estadísticas, lo que evidencia la madurez de los abonos y la reducción de las sales solubles, tendencia reportada en investigaciones recientes sobre la estabilización de abonos orgánicos (Singh et al., 2025). Altos valores de CE en fases intermedias, en VC se han relacionado con una mayor mineralización y liberación de nutrientes solubles (Saranraj, 2022), mientras que la SC mostró niveles más bajos, lo que la hace potencialmente más adecuada para suelos sensibles a la salinidad, en línea con los parámetros de calidad de compost Clase A (SENASA, 2019).

En el Cuadro 3 se presentan las medias y su desviación estándar de los macro y micronutrientes en los que el contenido de K^+ disminuyó en todos los tratamientos a lo largo del tiempo, con los valores más bajos en la SC+Tr, mientras que el Ca^{2+} alcanzó su punto más alto en VC+Tr a los 155 días, lo que sugiere una mayor mineralización y disponibilidad. Este resultado coincide con hallazgos que describen el vermicompostaje como un proceso que libera nutrientes esenciales, potenciados por la actividad microbiana (Yasmin, 2022).

Por otro lado, el Mg^{2+} se mantuvo con valores relativamente estables a lo largo del tiempo y entre tratamientos, mientras que el contenido de Na^+ permaneció bajo y constante en los RO, sin diferencia entre tratamientos, lo que es ideal para evitar riesgos de salinidad que puedan afectar la germinación o el crecimiento vegetal, una ventaja inherente al uso de vermicompost como fertilizante orgánico (Sullivan et al., 2018).

Los valores de los micronutrientes durante la transformación presentaron diferencias entre tratamientos, excepto el contenido de Mn^{2+} . En el caso del Cu^{2+} , VC+Tr presentó valores sostenidos, mientras que la SC mostró descensos marcados, reflejando un menor potencial nutricional. Para el Fe^{2+} , los tratamientos con *Eisenia fétida* mantuvieron valores más elevados y estables a diferencia de SC+Tr, que presentó las concentraciones más bajas, lo que limita la calidad del abono.

El Mn^{2+} en VC+Tr presentó incrementos graduales frente a valores decrecientes en SC, confirmando la capacidad del sistema biológico para mejorar la biodisponibilidad de este elemento clave en procesos enzimáticos vegetales. Finalmente, el Zn^{2+} mostró la mayor concentración en VC+Tr durante todo el proceso, mientras que en SC+Tr descendió drásticamente.

En general, los RO de los tratamientos con VC mantuvieron concentraciones más elevadas de Cu^{2+} , Fe^{2+} y Zn^{2+} en comparación con SC y SC+Tr, destacando el tratamiento VC+Tr por mantener niveles más altos y estables a lo largo del tiempo. Este comportamiento puede atribuirse al efecto sinérgico entre

Cuadro 3. Contenido de nutrientes en los residuos orgánicos bajo cuatro sistemas de transformación. Los valores con letras mayúsculas diferentes (ABC) son significativamente diferentes para el tratamiento y con letras minúsculas diferentes (abcd) significativamente diferentes para el tiempo, según la prueba de Tukey (P<0.05). SC: Semicomposta, SC+Tr: Vermicomposta + Trichoderma sp., VC: Vermicomposta, VC+Tr: Vermicomposta + Trichoderma sp.,

Tratamiento	Días de transformación				
	35	70	113	155	190
Potasio (K+) g kg-1					
SC	3.49±0.26aA	1.63±0.14aB	0.77±0.18aC	1.89±0.24aD	0.97±0.15aE
SC+Tr	3.06±0.25dA	1.27±0.16cB	1.29±0.18cB	0.84±0.19cC	0.70±0.08bC
VC	2.91±0.27bA	1.81±0.16aB	1.17±0.12bC	1.77±0.25aD	0.96±0.20aE
VC+Tr	3.52±0.14cA	2.21±0.16bB	1.40±0.08cC	1.97±0.18bD	1.03±0.14aE
Calcio (Ca2+) g kg-1					
SC	21.12±0.76dA	14.09±0.85cB	16.93±2.21dC	22.62±0.77cD	14.81±1.32bE
SC+Tr	21.62±1.03cA	11.83±0.68dB	16.41±1.48cC	13.67±2.29dD	12.67±0.76cD
VC	27.94±0.95bA	23.16±0.48bB	27.16±2.56bC	27.88±2.09bC	20.15±2.67aD
VC+Tr	30.08±1.12aA	28.21±1.34aB	28.28±4.57aB	33.34±1.50aC	21.35±0.79aD
Magnesio (Mg2+) g kg-1					
SC	5.25±0.12aA	6.93±0.82aB	7.56±0.26aC	5.62±0.36aD	5.62±0.36aD
SC+Tr	5.22±0.28cA	6.04±0.87dB	6.40±0.65dB	5.33±0.94bC	4.94±0.44dC
VC	6.51±0.22bA	5.00±0.37bB	5.39±0.44bB	5.11±0.53bB	7.34±0.57bC
VC+Tr	6.72±0.20bA	5.54±0.33cB	5.86±0.32cB	5.33±0.33bC	6.01±0.16cD
Sodio (Na+) g kg-1					
SC	0.32±0.03	0.31±0.01	0.31±0.03	0.29±0.02	0.29±0.02
SC+Tr	0.31±0.01	0.26±0.01	0.27±0.02	0.25±0.02	0.26±0.02
VC	0.34±0.02	0.34±0.01	0.34±0.03	0.32±0.02	0.33±0.01
VC+Tr	0.33±0.02	0.31±0.02	0.34±0.02	0.29±0.02	0.35±0.01
Cobre (Cu2+) mg kg-1					
SC	23±2aA	14±3aB	14±2aB	21±3aC	13±1aD
SC+Tr	18±2cA	22±2dB	23±3dB	21±4dC	21±2dC
VC	26±4bA	26±3bA	23±3bB	24±4bC	21±5bD
VC+Tr	27±1bA	29±1cB	28±2cB	28±2cB	29±2cC
Hierro (Fe2+) mg kg-1					
SC	1729±115aA	1615±101aB	1905±250aC	1686±107aD	1824±114aE
SC+Tr	1683±54dA	1473±41dB	1551±170dC	1651±131cD	1609±84bE
VC	1814±14bA	1751±104bB	2026±230bC	1704±76aD	1857±107aE
VC+Tr	1878±74cA	1848±120cA	2186±138cB	1778±50bC	1875±75aD
Manganeso (Mn2+) mg kg-1					
SC	192±7	184±14	198±17	202±10	179±14
SC+Tr	143±23	136±23	144±21	149±24	162±27
VC	261±16	246±26	282±21	270±12	270±21
VC+Tr	280±18	295±26	308±34	291±12	293±35
Zinc (Zn2+) mg kg-1					
SC	138±5aA	110±12aB	128±10aC	127±5aC	113±8aD
SC+Tr	226±5dA	199±5dB	71±11dC	62±5dC	60±6cC
VC	193±6bA	160±9bB	180±14bC	143±12bD	124±11aE
VC+Tr	318±13cA	297±7cB	257±17cC	226±15cD	175±20bE

la actividad fragmentadora y digestiva de Eisenia fetida y el potencial enzimático de Trichoderma sp. que favorece la liberación y disponibilidad de nutrientes esenciales (Ali et al., 2022).

Conclusiones

La velocidad de transformación de los RO en los diferentes sistemas evaluados mostró que el tratamiento VC+Tr presentó la mayor tasa de transformación, evidenciada por la rápida reducción de COT y la disminución acelerada de la relación C/N hasta valores de 7.71. Asimismo, en cuanto a la liberación de nutrientes, VC+Tr destacó nuevamente por mantener concentraciones más altas y estables de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} . Esto indica no solo una descomposición más rápida, sino también una mayor capacidad de retención y disponibilidad de elementos esenciales para las plantas. En suma, la acción combinada de *Eisenia fetida* y de *Trichoderma sp.* aceleró la estabilización del material en comparación con los demás tratamientos.

Referencias bibliográficas

- Abiven, R., Recous, S., Reyes, V., Oliver, R. (2005). Mineralization of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. *Biology and Fertility of Soils* 42(2):119-128. DOI:10.1007/s00374-005-0006-0
- Ali, S., Jamal, K.M., Mehran, A.M., Roz, K.G., Ali, N. (2022). *Trichoderma harzianum* modulates phosphate and micronutrient solubilization in the rhizosphere. *Gesunde Pflanzen* 74:1-10. doi:10.1007/s10343-022-00643-0
- APHA. (1992). American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition. APHA. Washington, DC, USA.
- ASTM. (2000). Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils. Method D 2974-00. American Society for Testing and Materials (ASTM). West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Bernal, M.P., Sven, G.S., Dave, C., Chen, Q., Li, G., Frederick, C.M. (2017). Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. *Advances in Agronomy*, Academic Press 144:143-233
- Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D., Ojeda, D., 2010. Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:465-473.
- Docampo. (2013). Compostaje y compost. ISSN 1510-9011. Revista INIA-Uruguay. N° 35:64.
- El-mrini, S., Aboutayeb, R., Zouhri, A. (2022). Effect of initial C/N ratio and turning frequency on quality of final compost of turkey manure and olive pomace. *Journal of Engineering and Applied Science* 69(37):2-20 <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00092-6>
- Galván-Díaz, S.L., Granados-Patiño, C.I., Castro-González, I., Bedolla-Rivera, H.I., Conde-Barajas, E., Negrete-Rodríguez, M.L. (2022). Evaluación fisicoquímica de biosólidos y composta

- para conocer su factibilidad, como materiales filtrantes para un sistema de vermifiltración. XLIII Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química 312-316.
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larrios. México. 246 p.
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., Sánchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(4):583-589.
- Jazmín-Marín, D. (2019). Impacto del uso de biofertilizantes a base de residuos orgánicos en los suelos. *Conciencia Tecnológica* 58:47-50.
- Ríos, E.L.V. (2014). Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Revista Científica Agroecosistemas* 2(1):254-264.
- Sánchez-Rosales, R., Hernández-Rodríguez, O.A., Jiménez-Castro, J.A., Ojeda-Barrios, D.L., Guerrero-Prieto, V.M., Parra-Quezada, R.A. (2019). Modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos con tres procesos de transformación. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 115(3):198-212. doi.org/10.12706/itea.2018.033
- Saranraj, P. A. (2022). Effect of *Trichoderma* resin and earthworm co-inoculation on organic matter, carbon, and NPK content in market compost. *International Journal of Environmental Research* 7(11):120-122. doi:https://www.researchgate.net/publication/366500038
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2019). Servicio de control y monitoreo ambiental. Resolución conjunta 1/2019. Ciudad de Buenos Aires.
- Singh, R. P., Agnihotri, R.K., Kumar, A. (2025). Development and physicochemical analysis of compost and vermicompost from floral waste. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 18(1):134-138. doi:https://doi.org/10.52711/0974-360X.2025.00020
- Soto, G., y Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65:23-129.
- Sullivan, D.B., Bary, A.I., Miller, R., Brewer, L. (2018). Interpreting Compost Analyses. Report number: EM 9217. Oregon State University Extension.
- Torti, M.J., Butti, M., Fain-Binda, V. (2019). Evolución de los indicadores de madurez y estabilidad biológica en compost de residuos de incubación. *Revista de Tecnología Agropecuaria - RTA* 10(39):73-75.
- Villegas-Cornelio, V.M. y Laines C.J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(2):393-406
- Wilson, G., y Parr, J. (1983). Experiences with organic waste composting in developing countries. *Boletines de Suelos de la*

FAO 51p.

Xie, S., Huu-Tuan, T., Mingjun, P., Tao, Z. (2023). Transformation characteristics of organic matter and phosphorus in composting processes of agricultural organic waste: research trends. *Materials Science for Energy Technologies* 36:70-76
doi:10.1016/j.mset.2023.02.006

Yasmin, J.P. (2022). Temperature dynamics and microbial succession during composting of organic residues. *Journal of Environmental Management*, 311:114879.

