Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia

Respuesta de plántulas de banano en vivero a dosis de vermicompost en el sustrato

Salomón A. Barrezueta Unda[1]*, Abrahan R. Cervantes A[1, 2], Jorge A, Valle Espinoza[2]

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. [2]Colegio de Ingenieros Agrónomos de El Oro. Av Madero Vargas, Machala, Ecuador

Autor de correspondencia:
Salomon A. Barrezueta Unda
sabarrezueta@utmachala.edu.ec

Contribución:
Artículo Científico

Sección:
Manejo de suelos y Nutrición química y orgánica

Recibido:
15 diciembre, 2025
Publicado:
30 abril, 2026

Cita:
Barrezueta Unda SA, Cervantes AR, Valle Espinoza JA. 2026. Respuesta de plántulas de banano en vivero a dosis de vermicompost en el sustrato. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 3(1): 135 https://doi.org/10.62498/ARTC.26135

RESUMEN

La producción de banano genera grandes volúmenes de restos vegetales poscosecha, especialmente raquis, cuya adecuada gestión es clave para evitar plagas. La multiplicación in vitro permite obtener plantas sanas, y un sustrato adecuado favorece su enraizamiento y desarrollo. Por esto el objetivo de la investigación fue caracterizar vermicompost elaborado con raquis de banano y evaluar su efecto sobre el crecimiento del clon Williams en vivero. Se compostaron raquis y otros residuos durante 120 días, y luego se incorporó *Eisenia foetida* en cajas de madera por 60 días para obtener vermicompost. Se empleó un diseño completamente al azar con 20 plantas por tratamiento en fundas de 3 kg. Los tratamientos fueron: T1 (100 g de vermicompost + 650 g de cascarilla + 650 g de arena), T2 (200 g + 600 g + 600 g), T3 (300 g + 500 g + 500 g) y T4 testigo (0 g + 500 g de cascarilla + 300 g de suelo + 500 g de arena). Se monitorearon pH y conductividad eléctrica del vermicompost; este presentó pH ligeramente alcalino (≈7,5–7,9) y conductividad ≤2100 µS/m. En planta, la altura máxima se registró con T2, mientras que T3 incrementó significativamente el diámetro del pseudotallo. La longitud radical mostró tendencia positiva con T3, aunque sin diferencias estadísticas. Estos resultados confirman que el vermicompost de raquis es una herramienta sostenible para mejorar el desarrollo de plantas de banano en vivero, optimizando crecimiento y calidad del material vegetal.

Palabras clave: Compostaje, *Eisenia foetida*; *Musa* spp., Pseudotallo

ABSTRACT

Banana production generates large volumes of postharvest plant residues, especially rachis, whose proper management is key to preventing pests. In vitro propagation allows the production of healthy plants, and an adequate substrate promotes rooting and development. Therefore, the objective of this study was to characterize vermicompost made from banana rachis and evaluate its effect on the growth of the Williams clone in a nursery. Rachis and other residues were composted for 120 days, and then *Eisenia foetida* was incorporated in wooden boxes for 60 days to obtain vermicompost. A completely randomized design was used with 15 plants per treatment in 3 kg bags. The treatments were: T1 (100 g vermicompost + 650 g rice husk + 650 g sand), T2 (200 g + 600 g + 600 g), T3 (300 g + 500 g + 500 g), and T4 control (0 g + 500 g rice husk + 300 g soil + 500 g sand). The pH and electrical conductivity of the vermicompost were monitored; it showed a slightly alkaline pH (≈7.5–7.9) and conductivity ≤2100 µS/m. In plants, maximum height was observed in T2, while T3 significantly increased pseudostem diameter. Root length showed a positive trend with T3, although no statistical differences were observed. These results confirm that banana rachis vermicompost is a sustainable tool to enhance nursery plant development, optimizing growth and quality of the planting material.

Keywords: Composting, *Eisenia foetida*; *Musa* spp., Pseudostem

Copyright: © 2026 por los autores. Licencia Acorbat Internacional. Este artículo es de acceso libre y distribuido bajo los términos de Acorbat Internacional

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa* AAA Simmonds) es un cultivo clave para las regiones tropicales y subtropicales, fuente esencial de ingresos para millones de personas. La producción mundial de banano se concentra principalmente en Asia (55,9%), seguida de África (24,6%) y América (Akech *et al*., 2024). En Ecuador ocupa 180.965 ha que representa el 20,57 % del área agrícola (INEC, 2024). Es una planta perenne y de propagación vegetativa, característica que asegura su continuidad y productividad (Akech *et al*., 2024). Por esta importancia económica y característica reproductiva, las áreas cultivadas con banano se expanden y se renuevan de manera constante, lo que obliga a disponer de material vegetal libre de patógenos y, sobre todo, capaz de mantener o incrementar su rendimiento una vez establecido en campo (Vargas-Sarmiento *et al*., 2025).

La obtención de material de siembra por regeneración natural no es la opción más adecuada para establecer nuevas plantaciones, pues facilita la transmisión de plagas y patógenos, disminuye la calidad del material y compromete el desempeño posterior del cultivo, con pérdidas significativas de rendimiento que desincentivan al productor (García *et al*., 2016). La obtención de material de siembra vía micropropagación es la alternativa más viable, debido a la alta calidad fisiológica y sanitaria que ofrece este método de propagación. Pero la calidad fitosanitaria que se compromete en la fase de vivero (Vargas-Sarmiento *et al*., 2025; Zambrano-Saavedra *et al*., 2024).

En ese escenario, la fase de vivero es crítica; el sustrato utilizado condiciona el desempeño posterior en etapa de producción (García *et al*., 2022; Quispe *et al*., 2021). Esto es especialmente relevante para el grupo Cavendish, que se propaga a partir de meristemos apicales in vitro para asegurar uniformidad y sanidad (García *et al*., 2022); no obstante, su productividad depende de sustratos que faciliten un enraizamiento rápido, buena aireación y nutrición equilibrada desde el vivero (Vargas-Sarmiento *et al*., 2025).

Por otra parte, un reto paralelo es la gestión de los restos vegetales de la cosecha (hojarasca, pseudotallos, raquis), que en condiciones inadecuadas pueden convertirse en fuentes de inóculo y refugio para patógenos (bacterias y hongos) y plagas del banano (insectos, ácaros y otros artrópodos), comprometiendo la bioseguridad y la sostenibilidad del sistema productivo (García *et al*., 2022). Transformar estos residuos en insumos benéficos es, por tanto, una prioridad técnica y ambiental. Una de las formas para la gestión de restos vegetales de la cosecha, es mediante vermicompostaje procesos que imita la descomposición natural de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos (Quadar *et al*., 2022). En este sentido, múltiples estudios reportan

que la incorporación de vermicompost al sustrato estimula la germinación y el crecimiento radicular mejora la estructura física del medio y actúa como acondicionador, incrementando la retención de agua y la aireación (Acosta *et al*., 2013; Quispe *et al*., 2021; Yatoo *et al*., 2021). Además, el uso de vermicompost contribuye al manejo de plagas y patogenos del suelo (p. ej., *Fusarium oxysporum*, *Rastolnia* spp., y nematodos) mediante supresión biológica, inducción de resistencia sistémica (fitoalexinas y enzimas defensivas) y liberación de compuestos con efectos repelentes, reduciendo la dependencia de plaguicidas químicos y fortaleciendo el enfoque de manejo integrado en viveros de Musa spp (López *et al*., 2011; Cruz *et al*., 2024).

Valorar el vermicompost derivado de residuos vegetales locales (banano, cacao, estiércol y pasto) como estrategia circular para mitigar el riesgo fitosanitario asociado a los restos de cosecha al convertirlos en una enmienda estable y biológicamente activa; optimizar las propiedades fisicoquímicas del sustrato en vivero; y potenciar la calidad morfológica de las plántulas, con efectos esperados en el establecimiento y rendimiento de las plantas en campo. Por esto, la investigación tuvo como objetivos caracterizar el vermicompost obtenido a partir de residuos de banano y analizar el efecto de varias dosis de vermicompost en variables morfológicas de plantas de banana clon Williams en etapa de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y condiciones ambientales

El estudio se realizó en la granja Experimental Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio de la ciudad de Machala (El Oro, Ecuador). La finca se ubica a 3°19′26″ S y 79°54′31″ W, a una altitud de 6 m s. n. m. El clima corresponde a bosque húmedo tropical, con temperaturas entre 23 °C y 33 °C, precipitaciones anuales de 464 mm y humedad relativa promedio del 85 %.

Preparación del compost

Se utilizada para el compostaje se utilizó raquis de banano de una semana después de cosechado (830,68 kg), carbón vegetal (20,91 kg), pasto janeiro (7,27 kg) de un día de corte, estiércol de vaca (79,09 kg) en estado fresco, hojarasca de cacao (17,27 kg), hojarasca de *Acacia farnesiana* (267,73 kg) y suero de leche (30 L). Estos materiales se mezclaron por capas en una fosa de 2 m × 1,5 m y de 1,1 m de alto. En el fondo de la fosa se colocó el raquis picado y se añadió sucesivamente cada componente por capas. Se instaló un tubo perforado de hierro galvanizado de media pulgada en el centro para favorecer la aireación y se cubrió la mezcla con plástico negro para mantener la humedad. Durante 12 semanas se volteó la mezcla cada 3 días para evitar anaerobiosis.

El material compostado se cosecho cuando la temperatura del lecho se estabilizó en el rango de 25–29 °C medidos a las 010:00, 13:00 y 16:00.

Se recomienda para el compost utilizar raquis de banano provenientes de cada finca para evitar diseminación de Foc R4T, Moko y otros patógenos.

Diseño y manejo del sistema de vermicompostaje

El compost cosechado en fresco se dispuso en tres cajones de madera de 32 cm de ancho, 38 cm de largo y 20 cm de profundidad, que se apilaron uno en cima del otro (Figura 1A). En el fondo de cada cajo se colocó un fondo plástico perforado (1 pulgada de diámetro) para permitir la migración de las lombrices entre compartimentos y drenar lixiviados (Figura 1B).

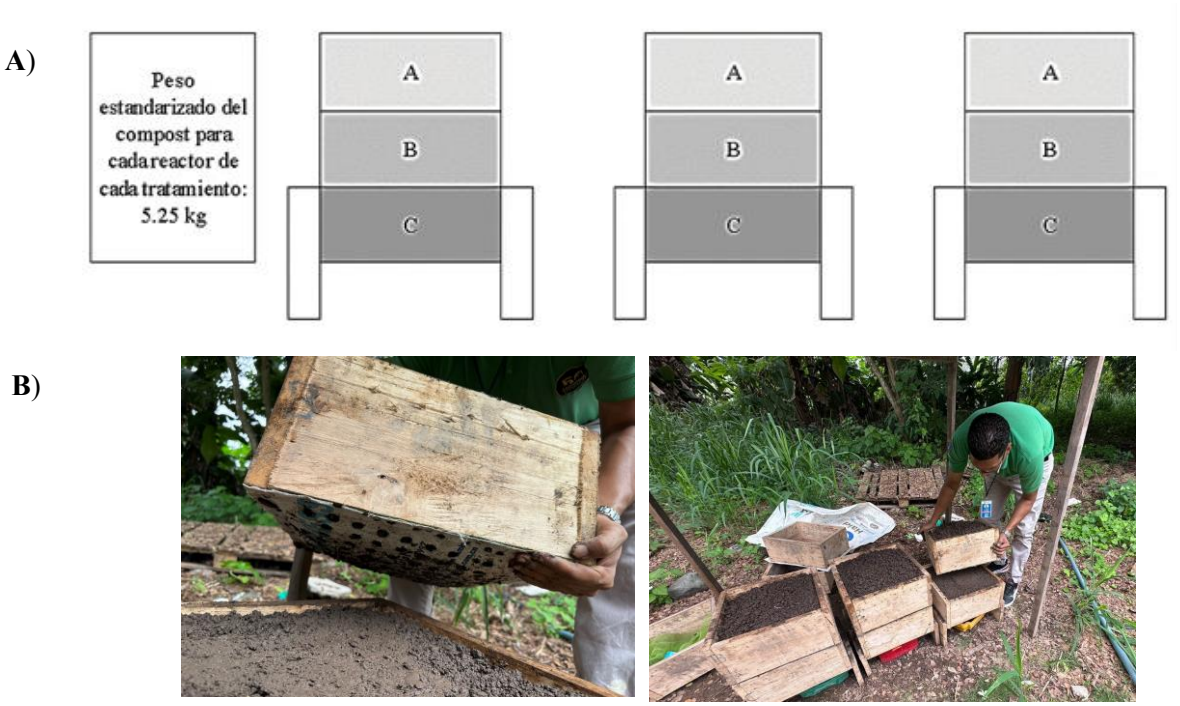


Figura 1. Sistema de vermicompost: A) Disposiciones generales de los cajones de madera B) Ubicación de cajones.

Con el fin de adaptar la biota anélida al compost, se mezcló 1 kg de suelo previamente desinfectado con agua caliente y secado al ambiente por 48 horas con 1 kg de compost en cada cajón. Cada caja se llenó con el compost, dejando 5 cm libres, y se incorporaron aproximadamente 300 a 350 lombrices de la especie *Eisenia foetida* en cada caja de madera. Para minimizar la variabilidad ambiental (precipitación y radiación solar), la pila de cajones se cubrió con plástico y se ubicaron bajo techo. El

riego se programó cada cuatro días con 2 L de agua por cajón para mantener una humedad adecuada para la supervivencia de las lombrices. Como barrera frente a hormigas (principales depredadores de las lombrices) se aplicaron 200 mL de vinagre diluidos en 1 L de agua alrededor de los cajones cada 3 días.

A los 10 días se realizó el cambio de posición de los cajones: el primer cajón se ubicó en el lugar del tercero, el segundo pasó al primer lugar y el tercero al segundo. Este proceso se realizó por 5 ocasiones, completando 60 días. El esquema de rotación permitió optimizar el proceso y facilitar la recolección sucesiva del vermicompost.

Cosecha del vermcompost

Diez días antes de la cosecha se suspendió el riego y, 24 horas previas al tamizado del vermicompost, se retiró la cobertura de los cajones para favorecer la aireación. El material cosechado se tamizó con malla de 5 mm × 5 mm y, posteriormente, se remitió al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agropecuarias para su análisis. Los huevos y las lombrices fueron retiradas del tamiz para incorporar al primer cajón.

Caracterización del vermicompost

Se caracterizo al vermicompost por su conformación física y química de la siguiente manera. Porcentaje de Fibra, parámetro que se obtuvo mediante el método de Weender modificado. Las muestras de vermicompost fueron sometida a extracción con disolventes orgánicos en bolsas de Weender en mufla a 550 °C por 2 horas. Luego se coloca en un desecador por 30 minutos y se pesaron. Se calcula el contenido de Fibra Cruda por diferencia de peso entre la muestra en húmedo menos la muestra calcinada, resultado que se divide para el peso de la muestra sometida a la digestión, este valor obtenido se multiplico por 100.

El porcentaje de Ceniza se determinó mediante el método termogravimétrico, que consiste en someter a las muestras de vermicomppst a calcinación entre 650 - 700 °C, durante 4 horas, hasta obtener un residuo de color blanco o grisáceo. Se extrae el crisol con las cenizas de la mufla, se enfría en un desecador y se pesa para su cálculo por diferencia de peso y se multiplica por 100.

La conductividad eléctrica (CE) y el pH del compost y vermicompost se determinaron cada diez días en muestras de 10 g mezcladas con 20 mL de agua destilada (relación 1:2) utilizando un medidor potenciometro (Hanna modelo Hi 9880, Rumania). En total se tomaron seis muestras de compost y de vermicompost.

De cada muestra se obtuvieron tres submuestras, en las cuales se determinó, en el vermicompost, el contenido de carbono por diferencia de peso, mediante el siguiente procedimiento: se pesaron 2–5 g de muestra (vermicompost) en crisol tarado, se

calcinaron a 550–600 °C durante 4 horas, se enfriaron en desecador y se pesaron para calcular el porcentaje de ceniza totales

También se determinó el nitrógeno total mediante el método Kjeldahl, conforme a procedimientos analíticos estandarizados.

Diseño del ensayo

Las plantas de banano clon William se colocaron en fundas de 20 × 20 cm. Las fundas se dispusieron de forma homogénea en el área experimental, bajo cubierta con malla negra para generar sombra y así mitigar el estrés térmico por efectos de los rayos solares. Cada funda recibió 1 L de agua por semana y no se aplicaron fertilizantes químicos durante el ensayo.

Se evaluaron cuatro tratamientos de sustrato: T1 con 100 g de vermicompost, 650 g de cascarilla de arroz y 650 g de arena; T2 con 200 g de vermicompost, 600 g de cascarilla de arroz y 600 g de arena; T3 con 300 g de vermicompost, 500 g de cascarilla de arroz y 500 g de arena; y T4 (testigo) sin vermicompost, con 500 g de cascarilla de arroz y una mezcla de 300 g de suelo + 500 g de arena. El total de plantas por tratamientos fue de 20 plantas en un diseño completamente al azar.

Variables evaluadas y procedimientos de medición en vivero

En vivero, la altura de la planta se midió desde la base hasta el meristemo apical con cinta métrica. El fuste de la planta se midió en la mitad de la altura del pseudotallo de la planta con una cinta métrica. La emisión foliar se registró como el número de hojas emitidas por planta cada semana. Para la longitud de la raíz se extrajo la planta de la funda y se midió desde la base del cormo hasta la raíz más larga.

Para el peso se cortó el pseudotallo y se separaron el cormo y las raíces; luego se pesaron raíz + cormo, raíz y cormo individual en una balanza digital.

El contenido de clorofila foliar se estimó con un medidor SPAD (Konica Minolta, Japon). Las lecturas se realizaron en la tercera hoja completamente expandida, contada desde el ápice, evitando el nervio central. En cada planta se delimitó un cuadrante de 5 × 5 cm en el tercio medio de la lámina; dentro de ese cuadrante se tomaron seis lecturas puntuales desde la zona central hacia el borde, separadas al menos 1 cm entre sí. Los valores se promediaron para obtener un único registro por planta (unidades SPAD). Las mediciones se efectuaron con la hoja limpia y sin gotas de agua, entre 09:00–11:00 h de la mañana. Los datos fueron tomados a las 10 semanas de transferir de las bandejas de germinación hasta las fundas.

Análisis estadístico

Previo a los análisis inferenciales se efectuó una exploración de datos y se verifico la homogeneidad de varianzas. En el caso de los valores de CE y pH, dado el seguimiento temporal, se compararon tratamientos por fecha (ANOVA de una vía en cada tiempo) y se describieron las tendencias a lo largo del periodo de evaluación. Para las variables morfológicas y SPAD se ajustó un ANOVA de una vía con el factor "tratamiento" y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$). Todos los análisis se efectuaron en el software InfoStat.

RESULTADOS

Caracterización físico-química de compost y vermicompost

Las características físicas del compost y vermicompost se presentan en la tabla 1. El vermicompost mostró 20,29 % de fibra y 25,7 % de ceniza, frente a 13,5 % y 11,5 % del compost, respectivamente. Esto evidencia una mayor mineralización durante la formación de vermicompost y elevó el porcentaje de la fibra por pérdida de compuestos lábiles como azucares, almidones, lípidos, fenoles y otros. Estos compuestos son metabolizados rápidamente por el microbiota y las lombrices, liberando CO_2 y transformándose en fracciones más estables como huminas y ácidos húmicos. Por eso aumenta la proporción relativa de fibra (celulosa y lignina más resistentes) y de cenizas minerales (González, Pérez & López 2021).

El vermicompost presentó aproximadamente 20 % de carbono orgánico y 1,8 % de nitrógeno total. Estos valores reflejan un material orgánico estabilizado, con adecuada humificación y una relación C/N cercana a 10:1, favorable para la mineralización gradual de nutrientes en el suelo. Los valores de carbono y nitrógeno se explican por la degradación microbiana de compuestos lábiles y la pérdida de carbono como CO_2 durante el compostaje, lo que concentra el nitrógeno, favorece la humificación y estabiliza la relación C/N del vermicompost.

Tabla 1. Características físicas de compost y vermicompost.

Parámetro	Compost	Vermicompost
Fibra (%)	13,5	20,29
Ceniza (%)	11,5	25,7
Carbono (%)	--	20
Nitrógeno (%)		1,8

Conductividad eléctrica y pH de los sustratos

La conductividad eléctrica del compost mostró valores relativamente bajos y muy fluctuantes durante los 60 días de medición (Tabla 2). La menor media correspondió a la segunda muestra con 1 099 µS/m y la mayor media a la cuarta muestra con 1 890 µS/m, sin exceder los niveles óptimos (< 2 000 µS/m) para suelos agrícolas (USDA-NRCS, 2011). En el caso del vermicompost, los valores iniciales fueron altos (2 454 µS/m) posiblemente a la presencia de sales solubles liberadas durante la digestión de las lombrices; sin embargo, a partir del día 40 la CE disminuyó hasta 2 076 µS/m, indicando un lavado gradual de sales por el riego periodo de los cajones (Shaheen *et al.,* 2024).

El pH del compost se mantuvo ligeramente alcalino, oscilando entre 7,9 y 8,7, mientras que el vermicompost presentó valores entre 7,5 y 7,95 (Figura 2). Los valores obtenidos de pH fueron mayores a los registros de Parmar *et al*., (2019) y Shaheen *et al*., (2024), que obtuvieron vermicompost con pH entre 7,1 a 7,3 y que lo atribuye a la secreción de iones NH_4^+, que reducen la concentración de iones H^+ y a la actividad de las glándulas calcíferas en las lombrices de tierra, las cuales contienen anhidrasa carbónica que cataliza la fijación de CO_2 como $CaCO_3$ (Carbonato de calcio).

Tabla 2. Conductividad eléctrica y pH de los sustratos: compost y Vermicompost.

Sustratos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
			C. E (µS/m)			
Compost	1481,8	1099,0	1736,6	1460,4	1295,4	1890,0
Vermicompost	2454	2434	2500	2100	2336	2076
			pH			
Compost	8,7	7,9	8,1	7,9	7,8	8,0
Vermicompost	7,8	7,6	7,5	7,6	7,6	8,0

Variables morfológicas de las plántulas

Las variables morfológicas evaluadas mostraron diferencias entre tratamientos (Tabla 3). La mayor longitud (altura) de las plántulas se registró en T2 (51,5 ± 12,8 cm), seguido de T3 (50,0 ± 12,9 cm) y T1 (45,5 ± 11,2 cm), mientras que el control (T4) presentó la menor altura (41,8 ± 11,2 cm). Las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el testigo y los demás tratamientos también se reportan en los trabajos de Quispe *et al*., (2021) y Vargas-Sarmiento et al. (2025), en Gran nain y Gross Michel, respetivamente, que utilizaron vermicompost en sus ensayos.

Esto concuerda con lo señalado por Vargas-Sarmiento *et al*. (2025), quienes reportaron que un mayor aporte de vermicompost en la mezcla del sustrato favorece la

elongación del tallo en *Musa* spp., al optimizar la disponibilidad de nutrientes, en especial nitrógeno y fósforo.

Quispe *et al*., (2021) indicaron que el lixiviad del vermicompost de lombrices contiene minerales (fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio) en cantidades variables; así como, pequeñas cantidades de nitrógeno. Elementos que intervienen en de manera directa en el crecimiento de las plantas.

El mayor diámetro de pseudotallo se obtuvo en el T3 (10,3 ± 0,7 cm, a), seguido por el T4 (9,5 ± 0,6 cm, b), mientras que los valores más bajos correspondieron a T2 (9,1 ± 0,6 cm, c) y T1 (9,0 ± 0,5 cm, c). Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Maqbool *et al*. (2020) y Quispe *et al*., (2021), quienes reportaron que dosis altas de vermicompost aumentaron significativamente el grosor del pseudotallo en banano Cavendish, mejorando el vigor y la capacidad de sostén de las plantas en vivero. También Quispe *et al*., (2021) indicaron que los ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (HF) en vermcompost presentan una concentración entre 0.610.66 mg/L de lixiviado, estos ácidos regulan muchos procesos del desarrollo vegetal, además de mejorar la adsorción de macro y micronutrientes (Aremu *et al*., 2012).

La mayor emisión foliar se observó en el T3 (8,8 ± 0,41, a), junto con el T4 (8,6 ± 0,45, a), mientras que el T1 (8,4 ± 0,4, b) mostró un valor intermedio y el T2 (8,1 ± 0,59, c) el más bajo. Estas diferencias significativas indican que el aporte de 300 g de vermicompost estimuló la producción de hojas nuevas, aumentando la superficie fotosintética activa, aunque el testigo mantuvo un desempeño comparable en esta variable. Resultados similares fueron obtenidos por Aremu *et al*., (2012), Ali *et al*. (2023), Mago *et al*. (2021) y Yunida *et al*. (2023) quienes destacaron que el vermicompost no incide en la emisión foliar, pero si promueve la expansión foliar por la actividad microbiana del sustrato.

Por otra parte, los valores de clorofila fueron más elevados en el T3 (36,0 ± 2,2), seguido por T2 (33,2 ± 2,0) y el T1 (30,4 ± 6,2), mientras que el menor valor correspondió a T4 (29,6 ± 5). Valores inferiores a los descritos por Vargas-Sarmiento *et al*., (2025). Las diferencias significativas solo entre el valor más alto (T3) y el resto de tratamiento muestran que la aplicación de vermicompost no incrementó de manera directa el contenido de clorofila. Este comportamiento podría deberse a la liberación progresiva de nutrientes en el vermicompost, lo cual prioriza inicialmente el crecimiento estructural sobre la síntesis de pigmentos fotosintéticos (Singh *et al*., 2019). De igual manera, Sarmah *et al*. (2022) señalaron que la incorporación de materia orgánica en sustratos de *Musa spp*. aumentó la biomasa radical y la producción de

hojas, pero no siempre elevó la concentración de clorofila en las fases tempranas de crecimiento.

Tabla 3. Variables morfológicas de plántulas de banano según tratamiento.

Variables	T1	T2	T3	T4
Altura de planta (cm)	45,5 ±11,2 a	51,5 ±12,8 a	50,0 ±12,9 a	41,8 ±11,2 b
Fuste o diámetro (cm)	9,0 ±0,5 c	9,1 ±0,6 c	10,3 ±0,7 a	9,5 ±0,6 b
Emisión foliar (n.º hojas)	8,4 ± 0,4 b	8,1 ± 0,59 c	8,8 ± 0,41 a	8,6 ± 0,45 a
Clorofila (spad)	30,4 ±6,5 ab	33,2 ± 2,0 ab	36,0 ±2,2 a	29,6 ± 5 ab

Nota: Las letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Peso y longitud del sistema radical

Las variables de biomasa radicular y longitud se analizaron mediante ANOVA (Tabla 4). Aunque no se detectaron diferencias significativas, se observó una tendencia a mayores valores en los tratamientos con vermicompost. El peso combinado de raíz y cormo osciló entre 0,43 ± 0,06 kg en T2 y 0,54 ± 0,04 kg en T3, sin registrarse diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Mientras que, el peso radical varió entre 0,34 ± 0,06 kg en T2 y 0,43 ± 0,03 kg en T3, sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

Por otra parte, el peso de las raíces en seco registró 0,32 ± 0,03 kg en T1, mientras que T3 y T4 alcanzaron 0,31 ± 0,08 kg y 0,30 ± 0,07 kg, respectivamente, conformando el subgrupo estadístico *a*. En contraste, T2 mostró el menor valor (0,27 ± 0,04 kg; subgrupo b), lo que evidencia una mayor pérdida de peso durante el secado. Maqbool et al. (2020) reportaron resultados similares en banano Cavendish, donde el vermicompost no generó diferencias significativas en peso radical en fresco, aunque mostró una tendencia a valores superiores con mayor enmienda orgánica.

La reducción de biomasa radical en T2 se asocia a una mayor proporción de vermicompost (200 g), que incrementó la retención de humedad y favoreció tejidos radicales más suculentos, los cuales experimentan mayor pérdida de agua al desecarse. En T1, la menor dosis de vermicompost (100 g), combinada con altas proporciones de cascarilla de arroz y arena, promovió raíces con mayor contenido estructural, reduciendo la pérdida de peso seco. T3, pese a su mayor aporte de vermicompost (300 g), mantuvo valores similares a T1, posiblemente por un balance adecuado entre materia orgánica y fracción mineral. El testigo (T4) presentó un comportamiento

intermedio, atribuible a la ausencia de vermicompost y a la influencia del suelo mineral en la formación de raíces más densas.

En el peso del cormo, los valores oscilaron entre 0,10 ± 0,01 kg en T2 y T4 y 0,11 ± 0,01–0,03 kg en T1 y T3, sin diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). La estabilidad del peso de cormo sugiere que este componente estructural presenta menor sensibilidad a las variaciones en la dosis de vermicompost en etapas tempranas de desarrollo. Según Hernández *et al*. (2021), el cormo suele mostrar cambios más notorios en fases avanzadas de crecimiento, cuando la planta ha acumulado suficiente biomasa aérea y radical.

Por otra parte, la longitud radical osciló entre 44 ± 7 cm en T2 y 52 ± 1 cm en T3, sin diferencias significativas ($p > 0,05$). A diferencia de Aremu *et al*. (2012), quienes reportaron un incremento significativo en el crecimiento radical debido a una mayor absorción de nitrógeno, y de Acosta et al. (2013), que atribuyen dicho efecto al vermicompost por mejorar la estructura, oxigenación y microbiota del sustrato, en este estudio el tiempo de permanencia en fundas podría haber limitado este desarrollo.

Tabla 4. Peso y longitud radical media por tratamiento.

Variable	T1	T2	T3	T4
Peso raíz + cormo (kg) en fresco	0,51 ±0,11 a	0,43 ±0,06 a	0,54 ±0,04 a	0,46 ± 0,07 a
Peso de raíz (kg) en fresco	0,40 ±0,08 a	0,34 ±0,06 a	0,43 ±0,03 a	0,36 ±0,06 a
Peso de raíz (kg) en seco	0,32 ± 0,03 a	0,27 ± 0,04 b	0,31 ± 0,08 a	0,30 ± 0,07 a
Peso del cormo (kg)	0,11 ±0,03 a	0,10 ±0,01 a	0,11 ±0,01 a	0,10 ±0,01 a
Longitud de la raíz (cm)	47 ±4 a	44 ±7 a	52 ±1 a	50 ±8 a

CONCLUSIONES

La caracterización del vermicompost elaborado a partir de residuos de banano y otros restos vegetales evidenció propiedades fisicoquímicas adecuadas para su uso como sustrato de vivero, con niveles de C.E y pH dentro de rangos aceptables para el crecimiento vegetal. En relación con el efecto de las dosis evaluadas sobre las variables morfológicas de plántulas de banano clon Williams, se determinó que la incorporación de vermicompost favoreció significativamente el crecimiento aéreo, destacando la dosis de 300 g (T3), que incrementó el diámetro del pseudotallo. En el sistema radical

no se registraron diferencias significativas; sin embargo, se observó una tendencia a mayor peso y longitud de radical en las plantas tratadas con 300 g de vermicompost, lo que sugiere un efecto positivo en la absorción de nutrientes.

REFERENCIAS

Acosta C, Solis O, Villegas O y Cardoso L. 2013. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. Agronomía Costarricense, 37(1), 127–139.

Akech V, Bengtsson T, Ortiz R, Swennen R, Uwimana B, Ferreira CF, *et al*. 2024. Genetic diversity and population structure in banana (*Musa* spp.) breeding germplasm. The Plant Genome, 17(3), e20497.

Ali S, Khan R, Ahmed N. 2023. Role of organic amendments in enhancing nutrient uptake and growth of banana seedlings. Journal of Plant Nutrition, 46(7), 1205–1218. https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2170012

Aremu AO, Kulkarni MG, Bairu MW, Finnie JF, Van Staden J. 2012. Growth stimulation effects of smoke-water and vermicompost leachate on greenhouse grown-tissue-cultured 'Williams' bananas. Plant Growth Regulation, 66(2), 111-118.

Cruz GSJ, Hermes PH, Miriam SV and López AM. 2024. Benefits of vermicompost in agriculture and factors affecting its nutrient content. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24(3), 4898–4917.

García GAC, Cedeño SDRV, Cedeño BAA, Chávez JEC and Álava GAL. 2021. Bioestimulante en el crecimiento y calidad de plántulas de plátano en fase de vivero. Revista Espamciencia, 12(2), 124–130.

García GAC, Macías LV, Cedeño SDR, Álava GL, Chávez JC, García GC. 2022. Macropropagación y calidad de plántulas de plátano (*Musa* AAB Simmonds) en función de sustratos y tamaño de brotes. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 9(2), 108–118.

García GC, Villacorta HS, Lerner SH, García GC y Herrera IS. 2016. Aplicación de biorreguladores para la macro-propagación del banano cv. Williams en cámara térmica. Agronomía Mesoamericana, 27(2), 397–408.

Hernández J, Ramírez F and Morales C. 2021. Vermicompost application improves growth and physiological traits of *Musa* spp. Scientia Horticulturae, 288, 110353. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110353

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2024. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), Presentación de resultados 2024. Quito, Ecuador.

Mago M, Yadav A, Gupta R and Garg V. 2021. Management of banana crop waste biomass using vermicomposting technology. Bioresource Technology, 326, 124742.

Maqbool R, Ahmad M, Rafiq M. 2020. Influence of vermicompost on growth and development of tissue culture banana. International Journal of Agriculture and Biology, 24(3), 451–458. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1421

Parmar H, Vinod V, Patel S. 2019. Vermicomposting of banana pseudostem and maize fodder (waste) using *Eudrilus eugeniae*. British Journal of Applied Science & Technology, 36(1), 1–9.

Quiñónez E, Rincón G y Lopez L. 2019. Hongos micorrízicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya. Revista Agroproductividad, 12(3), 47–52.

Quispe CT y Tarqui CEC. 2021. Efecto del lixiviado del lombricompost en hijuelos de banano (*Musa* spp.) en condiciones de vivero. Apthapi, 7(2), 2152–2157.

Sarmah B, Choudhury S and Saikia M. 2022. Organic amendments influence chlorophyll content and biomass production in *Musa* spp. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 72(1), 50–59. https://doi.org/10.1080/09064710.2021.2004528

Shaheen SI, El Hewity MA, Móhamed AEG and Ahmed MFA. 2024. Efficiency of Some Eco-friendly Treatments for Controlling Root-knot Nematodes on Banana Plants. The Future of Applied Science. https://doi.org/10.37229/fsa.fjas.2023.01.10

Singh A, Sharma P and Kumar V. 2019. Nutrient release dynamics from vermicompost and its effect on early plant growth. Applied Soil Ecology, 141, 135–143. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.003

USDA Natural Resources Conservation Service. 2011. Soil electrical conductivity (Soil quality indicators sheet).

Yatoo A, Ali N, Baba AZ and Hassan B. 2021. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea: A review. Agronomy for Sustainable Development, 41(7), 1–26.

Yunida E, Yusnita Y, Hapsoro D, Edy A, Munawaroh S and Sari FU. 2023. *In vitro* rooting and acclimatization of plantlets of banana (*Musa paradisiaca* Linn) 'Ambon Kuning'. AIP Conference Proceedings, 2621, 030021. https://doi.org/10.1063/5.0142295

Zambrano Saavedra PS, Arteaga Alcívar FX, Cedeño García GA y Cedeño-García GA. 2024. Bioestimulantes en plátano: Crecimiento y calidad de plántulas en aclimatación. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria, 8(24), 1012–1030.