



Efecto del lombricompost sobre el desarrollo de banano Gros Michel (*Musa AAA*) en invernadero*

Effect of vermicompost on Gros Michel banana (*Musa AAA*) development in greenhouse

Frank Vargas-Sarmiento¹, Saul Brenes-Gamboa¹, Gaudy M. Ortiz-Rivera², Carlos A. Sánchez-Romero¹

* Recepción: 3 de junio, 2024. Aceptación: 26 de septiembre, 2024. Este trabajo formó parte del trabajo final de graduación del primer autor para optar por el título de Licenciatura en Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

¹ Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico. Turrialba, Costa Rica. fvs246@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0008-4289-1151>); saul.brenes@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-6923-1371>); carlos.sanchezromero@ucr.ac.cr (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0003-4286-6585>).

² Instituto Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Pococí, Costa Rica. gortiz@inta.go.cr (<https://orcid.org/0009-0002-0294-4817>).

Resumen

Introducción. Desde su etapa inicial, el cultivo de banano requiere de insumos de buena calidad para su desarrollo y crecimiento. El uso de sustratos de buena calidad, como el lombricompost, no solo previene la diseminación de enfermedades de suelo, sino también fomenta un buen desarrollo, lo que podría ayudar a disminuir costos de producción. **Objetivo.** Evaluar el efecto del lombricompost sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de banano cv. Gros Michel (*Musa AAA*) en etapa de vivero. **Materiales y métodos.** En la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Turrialba, Costa Rica, entre julio y setiembre de 2022, se prepararon sustratos con dos tipos de lombricompost (anticipado [A] y postergado [P]) en dosis de 0 %, 10 %, 25 % y 30 %; luego, se sembraron plantas *in vitro* de banano Gros Michel (*Musa AAA*) en fase IV. Cada dos semanas se evaluaron la altura de planta, el área foliar, el número de hojas, la emisión foliar y el diámetro de pseudotallo. Al inicio y al final del ensayo, se analizaron el diámetro del cormo y la biomasa fresca y seca. **Resultados.** El lombricompost resultó beneficioso en la menor dosis probada (10 % A y 10 % P), y en ausencia de este (0 %), las plantas presentaron el menor desarrollo. En las dosis más altas (30 % P), se observó un efecto fitotóxico. **Conclusiones.** El lombricompost estimuló el crecimiento de las plantas de banano con base en las variables fisiológicas evaluadas con respecto al tratamiento sin lombricompost.

Palabras clave: humus de lombriz, sustrato, plantas *in vitro*, aclimatación.

Abstract

Introduction. From its initial stage, banana cultivation requires high-quality inputs for development and growth. The use of high-quality substrates, such as vermicompost, not only prevents the spread of soil diseases, but also promotes better development, which could help reduce production costs. **Objective.** To evaluate the effect of vermicompost on the growth and development of banana plants cv. Gros Michel (*Musa AAA*) in nursery stage. **Materials and methods.** At the Atlantic Campus of the Universidad de Costa Rica, located in Turrialba, Costa Rica,



between July and September 2022, substrates were prepared with two types of vermicompost (anticipated [A] and delayed [P]) in doses of 0 %, 10 %, 25 % and 30 %. *In vitro* plants of Gros Michel banana (*Musa* AAA) in IV phase were then planted. Plant height, leaf area, number of leaves, leaf emission and pseudostem diameter were evaluated every two weeks. Corm diameter, fresh and dry biomass were analyzed at the beginning and end of the trial. **Results.** Vermicompost was beneficial at the lowest dose tested (10 % A and 10 % P). In the absence of vermicompost (0 %), plants showed the lowest development, while at the highest doses (30 % P), a phytotoxic effect was observed. **Conclusion.** Vermicompost stimulated banana plant growth based on the physiological variables evaluated compared to the treatment without vermicompost.

Keywords: worm composting, substrate, *in vitro* plants, acclimatization.

Introducción

El cultivo del banano en América Latina se destina principalmente para la exportación, por lo que es una actividad generadora de divisas para los países productores. En Costa Rica, las áreas dedicadas a la exportación alcanzan las 40 000 ha, lo cual brinda empleo directo a cerca de 40 000 personas y genera alrededor de 100 000 empleos indirectos. Esto demuestra la relevancia del cultivo de banano en la economía del país; por lo tanto, resulta importante brindar condiciones para un manejo agronómico óptimo, con el objetivo de lograr una mayor eficacia en el proceso de producción (Corporación Bananera Nacional, 2020).

Para asegurarse una planta de calidad en el campo, los productores han optado por sembrar plantas de banano reproducidas de manera *in vitro* mediante el cultivo de meristemos, el cual garantiza que las plántulas estén libres de plagas y enfermedades. En este método, es importante que, en las etapas de aclimatación y de almácigo, se utilice un sustrato de calidad que mantenga la sanidad y propicie un buen crecimiento. De lo contrario, el sustrato puede convertirse en una fuente de inóculo para diferentes fitopatógenos del suelo, como *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, el cual es difícil de combatir en campo (Sánchez Romero, 2021).

Una alternativa que puede utilizarse como sustrato para plantas provenientes de la reproducción *in vitro* de banano y otras musáceas es el lombricompost, un abono orgánico producido a partir de los residuos orgánicos que consume la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Álvarez González, 2016). El lombricompost ofrece diferentes ventajas, como el aporte de nutrientes, la mejora en la aireación del suelo y la aceleración del crecimiento de las plantas. Además, facilita el desarrollo del sistema radical y aumenta la cantidad y diversidad microbológica, lo que favorece el reciclaje de nutrientes y el control de enfermedades (Blouin et al., 2019).

Se considera importante investigar opciones de sustratos para la producción de banano en la etapa de vivero que contribuyan a acelerar el crecimiento de las plantas y que, a su vez, permitan disminuir los costos de producción, como una alternativa al alto costo de los fertilizantes sintéticos utilizados en las diferentes etapas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del lombricompost sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de banano cv. Gros Michel (*Musa* AAA) en etapa de vivero.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, en Turrialba, Costa Rica (9° 54' 05" latitud norte; 83° 40' 20" longitud oeste), a una altitud de 610 m s. n. m. Esta zona se clasifica, según las zonas de vida de Holdridge, como bosque muy húmedo tropical (bmh-T), donde la precipitación anual es

de 3000 mm, bien distribuidos; la temperatura ambiental oscila entre los 18 °C y 27 °C, y la humedad relativa es superior al 80 % (Slon Campos, 2013). La Sede del Atlántico posee una lechería de ganado vacuno que cuenta con la infraestructura necesaria para la elaboración del lombricompost a partir de excretas del ganado.

Se prepararon sustratos con suelo estéril, arena de río y lombricompost obtenido de dos procesos de producción distintos, denominados “anticipado” (A) y “postergado” (P). Esto se produjeron mediante el lombricompost de excrementos vacunos de la raza Jersey de la lechería de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica. El proceso se ejecutó con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), durante doce semanas. La diferencia entre los procesos radicó en el momento de la cosecha: el postergado se recolectó en su totalidad 14 semanas después del inicio del proceso, mientras que en el anticipado se realizaron cosechas superficiales semanales a partir de la octava semana. Las características químicas de ambos procesos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas de los lombricompost utilizados en el experimento. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Table 1. Chemical characteristics of the vermicompost used in the experiment. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September 2022.

Método	% masa						mg/kg					H ₂ O	dS/m	%	Relación
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	pH	CE	C	C/N
Anticipado	2,6	2,1	3,2	1,1	1,8	0,6	6309	192	826	931	17	8,2	12,1	31,9	12,4
Postergado	2,7	2,2	3,4	1,1	1,6	0,6	6559	197	868	1022	17	7,3	15,5	30,9	11,6

dS/m: deciSiemens/metro. **CE:** conductividad eléctrica. / **dS/m:** deciSiemens per meter. **CE:** electrical conductivity.

El suelo utilizado en este ensayo se obtuvo de una finca ganadera ubicada en la comunidad de Sitio de Mata, en el cantón de Turrialba, Cartago, Costa Rica. Sus características químicas se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características químicas del suelo utilizado en el experimento. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Table 2. Chemical characteristics of the soil used in the experiment. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

Muestra	pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
Suelo de sitio de Mata	5,5	2,80	1,04	1,21	0,05	5,10	55	1	1,8	6	61	150

CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva. **SA:** saturación de acidez. / **CICE:** effective cation exchange capacity. **SA:** acidity saturation.

Los lombricompost fueron tamizados con una malla de cinco milímetros para descartar materiales extraños antes de su mezcla con el abono. Posteriormente, se prepararon los sustratos en bolsas de polietileno perforadas de 15 × 20 cm (volumen: 1430 cm³), siguiendo las proporciones (v/v) indicadas en el Cuadro 3. Las bolsas se colocaron a 25 cm de distancia entre sí sobre una mesa de cemento en el vivero de la universidad. Luego, se sembraron las plantas de banano Gros Michel (*Musa AAA*), cultivadas *in vitro* en su etapa de aclimatación en fase IV, procedentes del laboratorio de cultivo de tejidos de la Corporación Bananera Nacional.

Cuadro 3. Proporción de los sustratos utilizados en el experimento. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Table 3. Substrate proportions used in the experiment. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

Tratamiento	Proporción de la mezcla (v/v)				Dosis y tipo de lombricompost
	Suelo	Arena	Anticipado	Postergado	
T1 (testigo)	8	1	0	0	0 %
T2	8	1	1	0	10 % A
T3	8	1	0	1	10 % P
T4	4	0,5	1	0	25 % A
T5	4	0,5	0	1	25 % P
T6	3	0,5	1	0	30 % A
T7	3	0,5	0	1	30 % P

Volumen de la bolsa: 1430 cm³. **A:** lombricompost anticipado. **P:** lombricompost postergado. / **Bag volume:** 1430 cm³. **A:** early harvest vermicompost. **P:** delayed harvest vermicompost.

Durante el ensayo, la altura de la planta (cm) se midió con una cinta métrica desde la base del pseudotallo hasta el vértice de la hoja más reciente. Para el número de hojas emitidas y el área foliar (cm²), se tomó la hoja más reciente y se aplicó la ecuación 1.

$$\text{Área foliar} = \text{largo} \times \text{ancho} \times 0,8 \quad (1)$$

La emisión foliar se evaluó marcando la hoja n.º 1 al inicio del ensayo y, luego de cada evaluación, se contaron las hojas emitidas. El diámetro del pseudotallo (cm) se midió en su base. En la semana 10, se determinó el nivel de clorofila ($n = 15$) con el medidor SPAD 502 Plus. Después de la siembra, las plantas de banano se regaron tres veces por semana para mantener la humedad del sustrato.

Diseño experimental

Los factores estudiados fueron el tipo de lombricompost (anticipado y postergado) y la dosis aplicada (0 %, 10 %, 25 % y 30 %). Cada unidad experimental estuvo conformada por siete plantas de banano (*Musa* AAA), con tres pseudoréplicas, que suman un subtotal de 21 plantas por tratamiento y un total de 147 plantas.

Se efectuaron análisis de varianza (ANDEVA) bajo el enfoque de modelos lineales mixtos. En las variables donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación de medias (DGC). Los análisis se ejecutaron por medio del *software* InfoStat versión profesional (Di Rienzo et al., 2020).

Resultados

Altura de planta

La incorporación de lombricompost en el sustrato favoreció el crecimiento de las plantas en altura. Se observaron diferencias en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$), independientemente de la dosis, con respecto al tratamiento sin lombricompost (T1). Al final del ensayo (semana 10), las plantas promediaron alturas

de $19,4 \text{ cm} \pm 0,3$ para el T2; $19,3 \text{ cm} \pm 0,2$ para el T3; $19,4 \pm 0,5$ para el T4; $18,9 \text{ cm} \pm 0,5$ para el T5, y $19,4 \pm 0,9$ para el T6. En el T7, la altura de las plantas fue de $17,3 \pm 0,2$, mientras que en el tratamiento testigo (T1) fue de $6,6 \text{ cm} \pm 0,2$ (Figura 1).

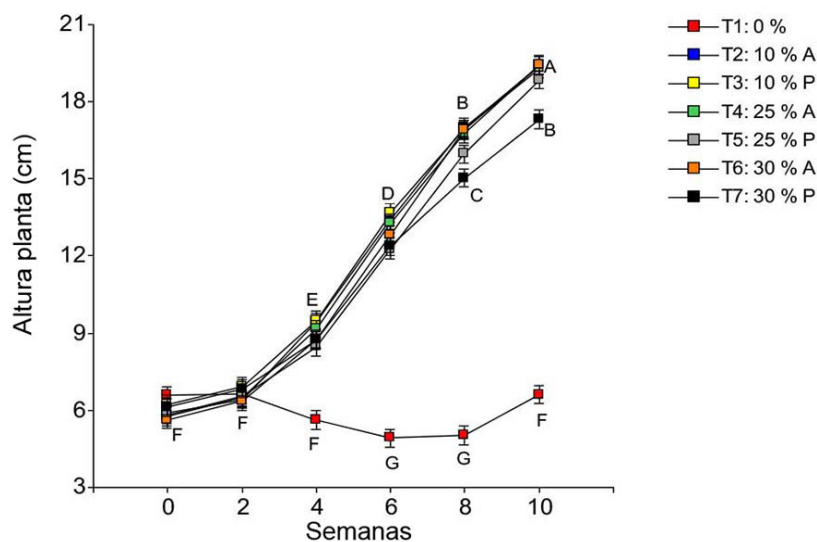


Figura 1. Altura de las plantas (cm) de banano (*Musa* AAA cv. Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 1. Height (cm) of banana plants (*Musa* AAA cv. Gros Michel) during 10 weeks under greenhouse conditions. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September 2022.

Número de hojas

El número de hojas mostró diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$). El número aumentó con el paso de las semanas en todos los tratamientos con lombricompost (T2, T3, T4, T5, T6 y T7) (Figura 2), cuyas plantas alcanzaron la mayor cantidad (6,5 hojas) en la semana 8. Durante el experimento, el número de hojas fue similar entre los tratamientos con lombricompost. Por el contrario, el T1 presentó la menor cantidad de hojas desde la semana 2 hasta la semana 10.

Emisión y área foliar

Para el área foliar, se observaron diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$). En los tratamientos T2 (10 % A), T3 (10 % P), T4 (25 % A), T5 (25 % P) y T6 (30 % A), el área foliar aumentó cada semana hasta superar los 260 cm^2 en la semana 10 (Figura 3). El T7 (30 % P) también mostró un incremento semanal; sin embargo, a partir de la semana 4, presentó valores inferiores en comparación con los demás tratamientos con lombricompost. Al final del ensayo, no superó los 180 cm^2 y registró la menor área foliar entre los tratamientos con lombricompost.

La emisión foliar presentó diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$). Se observó un aumento de la semana 2 a la 4 y de la 8 a la 10, mientras que de la 4 a la 8 se registró una disminución (Figura 4). Las semanas 4 y 10 fueron las de mayor emisión foliar en las plantas. Por ejemplo, en la semana 4, se

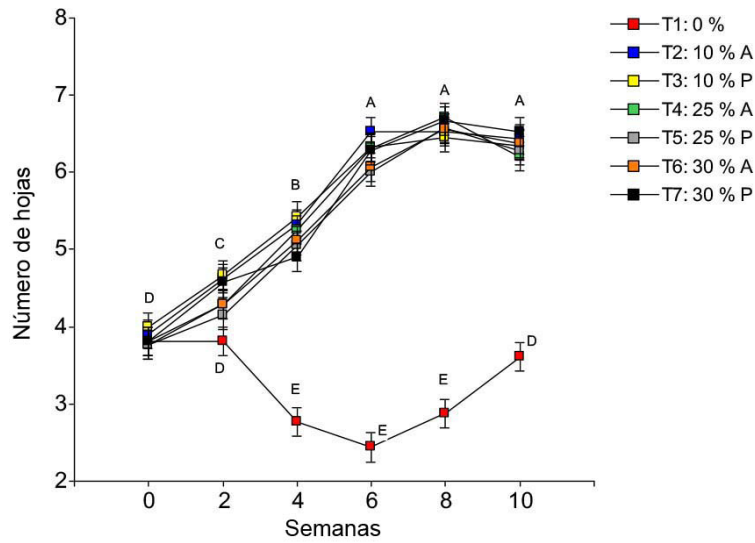


Figura 2. Número de hojas de las plantas de banano (*Musa AAA cv. Gros Michel*) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 2. Number of leaves of banana plants (*Musa AAA cv. Gros Michel*) during 10 weeks under greenhouse conditions. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September 2022.

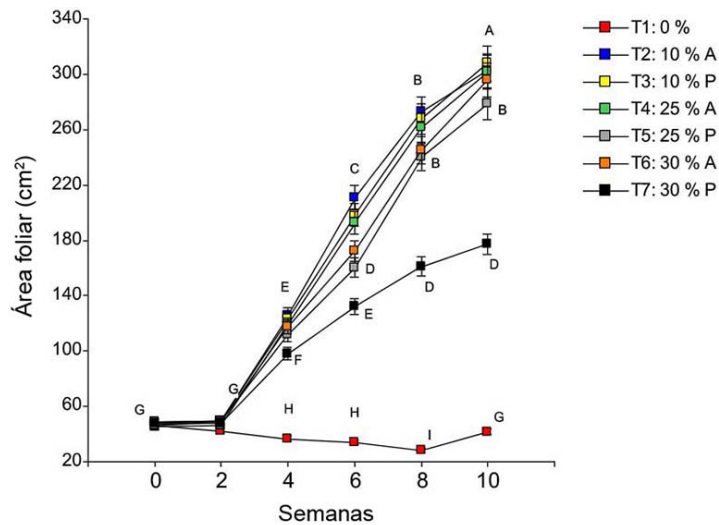


Figura 3. Área foliar (cm²) de las plantas de banano (*Musa AAA cv. Gros Michel*) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 3. Leaf area (cm²) of banana plants (*Musa AAA cv. Gros Michel*) during 10 weeks under greenhouse conditions. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

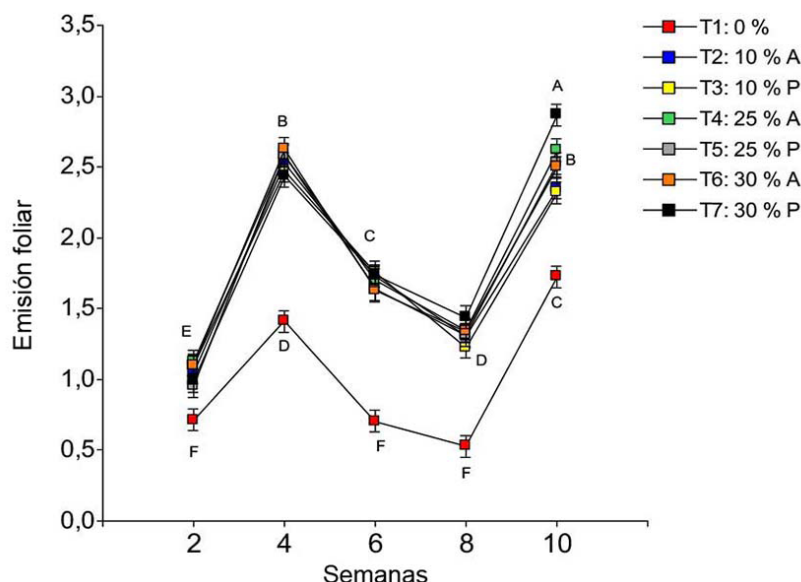


Figura 4. Emisión foliar de las plantas de banano (*Musa* AAA cv. Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 4. Foliar emission of banana plants (*Musa* AAA cv. Gros Michel) during 10 weeks under greenhouse conditions. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

obtuvo 2,5 hojas \pm 0,07 para el T2; 2,5 hojas \pm 0,05 para el T3; 2,6 hojas \pm 0,05 para el T4; 2,6 hojas \pm 0,03 para el T5; 2,6 hojas \pm 0,02 para el T6, y 2,4 hojas \pm 0,05 para el T7. En la semana 10, los valores fueron 2,3 hojas \pm 0,09 para el T2; 2,3 hojas \pm 0,09 para el T3; 2,6 hojas \pm 0,02 para el T4; 2,5 hojas \pm 0,07 para el T5; 2,5 hojas \pm 0,2 para el T6, y 2,9 hojas \pm 0,1 para el T7. Este último tratamiento obtuvo la mayor emisión foliar de todos los evaluados.

Diámetro de pseudotallo

Se observaron diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$) en el diámetro del pseudotallo de las plantas. Los tratamientos T2 (10 % A), T3 (10 % P), T4 (25 % A), T5 (25 % P) y T6 (30 % A) mantuvieron diámetros similares entre sí a lo largo del experimento, con valores entre 2,0 y 2,3 cm. Sin embargo, a partir de la semana 8, las plantas del tratamiento T7 (30 % P) presentaron un crecimiento superior en el diámetro del pseudotallo, que alcanzó un promedio de 2,6 cm \pm 0,06 (Figura 5).

Nivel de clorofila

Las mediciones de clorofila de las plantas realizadas en la semana 8 del experimento se presentan en la Figura 6. Hubo diferencias significativas ($p < 0,0001$) en la medición SPAD entre los tratamientos. El análisis mostró pequeñas variaciones entre las dosis empleadas, pero los valores fueron estadísticamente similares entre sí. Los tratamientos con lombricompost registraron valores SPAD de 65,7 \pm 1,05 para el T2; 67,8 \pm 1,2 para el T3; 66,4 \pm 0,41 para el T4; 64,9 \pm 0,89 para el T5; 64,9 \pm 0,61 para el T6, y 62,3 \pm 1,67 para el T7. Estos valores fueron superiores a los del tratamiento testigo, que obtuvo 53 \pm 2,34 (T1: 0 %).

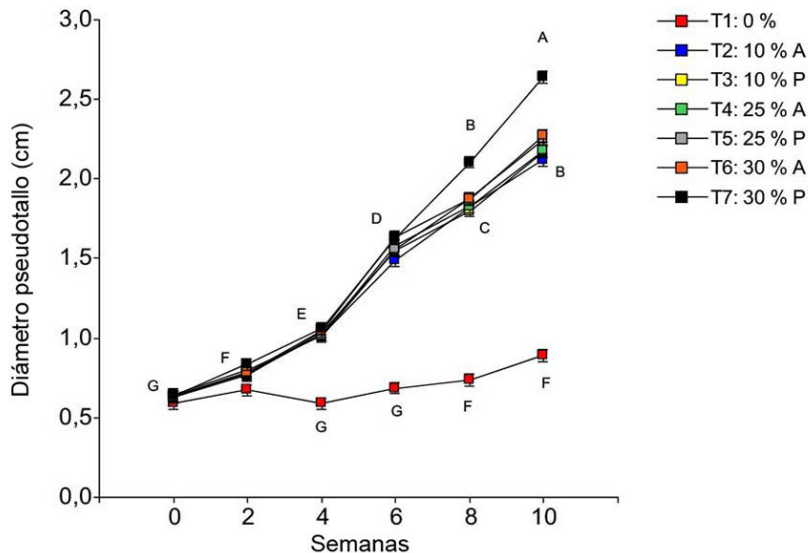


Figura 5. Diámetro del pseudotallo (cm) de las plantas de banano (*Musa* AAA cv. Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 5. Pseudostem diameter (cm) of banana plants (*Musa* AAA cv. Gros Michel) during 10 weeks under greenhouse conditions. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

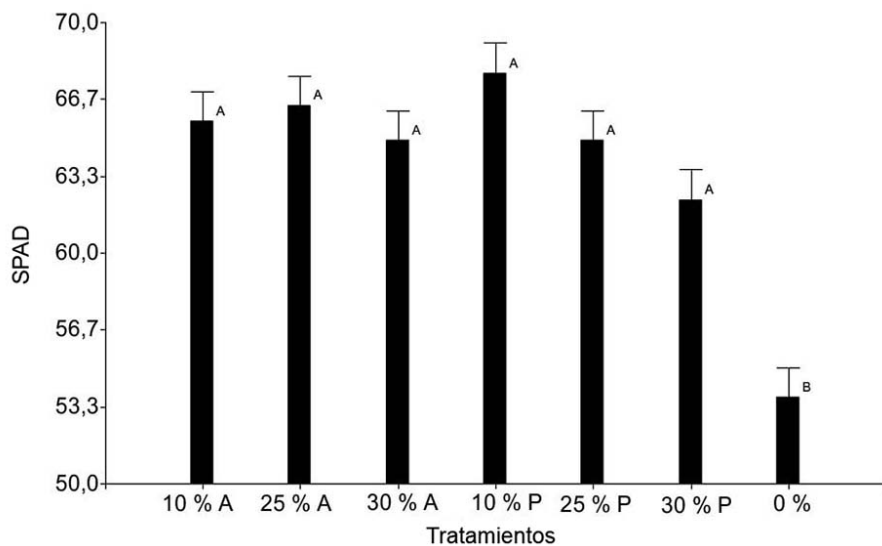


Figura 6. Medición del contenido de clorofila (SPAD) de la hoja n.º 1 de las plantas de banano (*Musa* AAA cv. Gros Michel) en la semana 10 del ensayo. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre, 2022.

Figure 6. Chlorophyll content (SPAD) of leaf No. 1 of banana plants (*Musa* AAA cv. Gros Michel) at week 10 of the trial. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September, 2022.

Discusión

Las plantas de banano tratadas con lombricompost mostraron un mayor crecimiento en comparación con las plantas del tratamiento testigo (T1: 0 %). Esto concuerda con estudios de otros autores que han demostrado que el uso de lombricompost estimula el crecimiento de las plantas (Durán-Umaña & Henríquez-Henríquez, 2010; Sánchez Romero, 2021; Uribe-Lorío et al., 2014). Los tratamientos T2 (10 % A), T3 (10 % P), T4 (25 % A), T5 (25 % P) y T6 (30 % A) presentaron un comportamiento similar en el crecimiento y desarrollo de las plantas de banano en las variables altura, número de hojas, emisión foliar y diámetro del pseudotallo.

Las plantas del tratamiento T7 (30 % P) mostraron una morfología atípica, ya que fue el tratamiento que obtuvo la menor altura y área foliar, pero presentó la mayor emisión foliar y diámetro del pseudotallo en comparación con los demás tratamientos, junto con un acortamiento de entrenudos (arrepollamiento), los cuales son síntomas de estrés en el cultivo de banano (Domingues Lima et al., 2022; Ferreira Gomes et al., 2002). La conductividad eléctrica del lombricompost postergado alcanzó hasta 15,5 dS/m (Cuadro 1), mientras que el límite recomendado por Henríquez Henríquez y Cabalceta Aguilar (2012) es 4 dS/m. Esta condición podría haber sido la causa de la toxicidad observada, debido a los cambios que las plantas experimentaron para adaptarse al estrés salino del suelo (Miranda et al., 2017; Taleisnik, 2017).

La altura de las plantas de los tratamientos T2 (10 % A), T3 (10 % P), T4 (25 % A), T5 (25 % P) y T6 (30 % A) superó los 19 cm, lo que indica que el lombricompost estimuló el desarrollo de la biomasa aérea, por el aporte de nutrientes y estimuladores de crecimiento que favorecieron el desarrollo de las plantas (Awad-Allah & Khalil, 2019; Durango Cabanilla et al., 2017).

Todos los tratamientos, excepto el T1: 0 %, mantuvieron un número de hojas y emisión foliar similar a otros estudios realizados en Turrialba, Costa Rica (Figuras 2 y 4). Por ejemplo, Pérez Valdivia (2012) reportó un número de hojas de 6,7 hojas a la semana 9 después del trasplante y una emisión foliar de 1,8 hojas, mientras que Sánchez Romero (2021) registró 1,7 hojas cada dos semanas. Sin embargo, el tratamiento T7 (30 % P) mostró una aceleración en la emisión de hojas en la semana 10 del experimento; además, presentó la menor área foliar entre los tratamientos analizados (Figura 3). Ambos hallazgos sugieren que dicha dosis tuvo efectos fitotóxicos en las plantas debido al estrés salino.

Los resultados de los diámetros de pseudotallo obtenidos en esta investigación (Figura 5) fueron similares a los reportados por Quispe Aguilar (2019), quien con diferentes técnicas de multiplicación de banano Gros Michel, registró diámetros de pseudotallo entre los 1,2 y 2,5 cm en la semana 10 en vivero. En otro estudio, se obtuvieron diámetros de pseudotallo entre 2,2-3,5 cm en fase de vivero al finalizar la investigación en la semana 8 (Arriola Vielman, 2019), valores que fueron superiores a los obtenidos en este ensayo. Las plantas del tratamiento T7 (30 % P) presentaron el mayor diámetro del pseudotallo, lo que, sumado a las alteraciones en las demás variables, podría considerarse como parte de los síntomas de fitotoxicidad asociados esta dosis.

Respecto al nivel de clorofila (Figura 6), las dosis de lombricompost empleadas en el experimento mostraron valores SPAD más altos que el tratamiento testigo. Diversos estudios han utilizado las lecturas de clorofila como un indicador de desarrollo; por ejemplo, Hassan et al. (2022) encontraron que los tratamientos con un 25 % y 50 % de lombricompost presentaron el mayor contenido de clorofila, y consiguieron lecturas SPAD de 39,5 y 35,9, respectivamente. Por su parte, Cervantes Alava et al. (2019) informaron valores SPAD entre los 38,7 y 45,9 en banano del clon Williams en condiciones de campo.

El Instituto Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) emplea los criterios de altura, número de hojas y verdor de las hojas para determinar si las plantas de banano son aptas para el trasplante a campo. Estos criterios se cumplen cuando las plantas alcanzan 25 cm de altura y tienen al menos cuatro hojas formadas (G. Ortiz, comunicación personal, 4 de febrero, 2022). Al cabo de las 10 semanas de la investigación,

ningún tratamiento alcanzó los 25 cm de altura, pero sí el número de hojas y un buen verdor, evidenciado por las mediciones SPAD.

Conclusiones

El uso de lombricompost como sustrato mejoró significativamente el crecimiento de las plantas de banano. Los hallazgos obtenidos indican que este abono puede ser una alternativa para la producción de plantas de banano Gros Michel (*Musa AAA*) en etapa de vivero. Se evidenció que las dosis más bajas de lombricompost (10 % anticipado y 10 % postergado) obtuvieron los mejores resultados sobre el desarrollo de las plantas de banano, mientras que los tratamientos con las dosis más altas experimentaron efectos fitotóxicos.

Antes de utilizar un abono orgánico como sustrato, se recomienda llevar a cabo experimentos para identificar las dosis que puedan ser tóxicas, así como un análisis económico que determine la viabilidad de la aplicación del lombricompost a nivel de productor.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) por el apoyo técnico, a la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) por el material vegetal, y a todas las personas que se involucraron de alguna manera en este proyecto.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Referencias

- Álvarez González, O. (2016). *Biodiversidad genética de endobacterias asociadas a la lombriz de tierra Eisenia foetida* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez]. Repositorio DSpace. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/886>
- Arriola Vielman, J. J. (2019). *Efecto que produce la implementación de lixiviados orgánicos en el programa de fertilización química, para la aclimatación de meristemas de banano (MUSSA SPP), diagnóstico y servicios realizados en finca bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala, C.A.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/12123>
- Awad-Allah, S. F. A., & Khalil, M. S. (2019). Effects of vermicompost, vermicompost tea and a bacterial bioagent against *Meloidogyne incognita* on banana in Egypt. *Pakistan Journal of Nematology*, 37(1), 25–33. <https://www.pjn.com.pk/pjn/papers/1547105273.pdf>
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., & Mathieu, J. (2019). Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, Article 34. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x>

- Cervantes Alava, A. R., Sánchez-Urdaneta, A. B., & Colmenares de Ortega, C. B. (2019). Efecto de las aplicaciones de fungicidas comerciales sobre el contenido de clorofila en el cultivo de banano (*Musa AAA*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 45–49. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/315>
- Corporación Bananera Nacional. (2020). *22.000 empleos de la industria bananera corren peligro si Asamblea Legislativa no aprueba el AACUE a tiempo*. <https://www.corbana.co.cr/22-000-empleos-de-la-industria-bananera-corren-peligro-si-asamblea-legislativa-no-aprueba-el-aacue-a-tiempo/>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Domingues Lima, J., Mesczezen Drominiski, A., Da Silva Rocha, C., Passos da Conceição, M., Nardini Gomes, E., & Rozane, D. E. (2022). Arrepollamiento de banano asociado a variaciones climáticas y nutricionales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 393–405. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2918>
- Durán-Umaña, L., & Henríquez-Henríquez, C. (2010). El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 85–93. <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4914>
- Durango Cabanilla, W. D., Mite Vivar, F., Carrillo Zenteno, M., Cargua Chávez, J., Lahuathe Mendoza, B., Rivadeneira Moreira, B., & Moreira Zambrano, V. (2017). Evaluación de enmiendas orgánicas sobre la respiración microbiana del suelo y variables agronómicas en banano. *Journal of Science and Research*, 2(8), 28–32. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss8.2017pp28-32>
- Ferreira Gomes, E. W., Willadino, L., Semen Martins, L. S., Rangel Camara, T., & De Oliveira e Silva, S. (2002). Genotipos de bananos (*Musa* spp.) bajo estrés salino: Tolerancia y sensibilidad. *Infomusa*, 11(2), 13–18. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=14187>
- Hassan, S. A. M., Taha, R. A., Zaied, N. S. M., Essa, E. M., & El-Rheem Kh. M., A. (2022). Effect of vermicompost on vegetative growth and nutrient status of acclimatized Grand Naine banana plants. *Heliyon*, 8(10), Article e10914. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10914>
- Henríquez Henríquez, C., & Cabalceta Aguilar, G. (2012). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola* (2a ed.). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Miranda, R., Caballero, A., Cadena, F., & Bosque, H. (2017). Salinidad y el cultivo de la quinua; una breve revisión bibliográfica. *Apthapi*, 3(1), 87–92. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/161>
- Pérez Valdivia, E. (2012). *Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5508>
- Quispe Aguilar, A. (2019). *Propagación del banano Gross Michel con diferentes técnicas de multiplicación en vivero en Belemptata distrito de Echarati – La Convención- Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4188>
- Sánchez Romero, C. (2021). *Enmiendas orgánicas sobre la fusariosis del banano bajo condiciones de invernadero* (Número 3). Cuadernos de Investigación de la Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica.

- Slon Campos, D. (2013). *Contribución a la fase inicial de la planificación del desarrollo territorial del territorio clave INDER: Turrialba-Jiménez, Costa Rica* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/950>
- Taleisnik, E. (2017). La salinidad: una oscura amenaza para la agricultura. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, LXX, 136–147. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87778>
- Uribe-Lorío, L., Castro-Barquero, L., Arauz-Cavallini, F., Henríquez-Henríquez, C., & Blanco-Meneses, M. (2014). Effect of vermicompost on pepper plants inoculated with *Phytophthora capsici*. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 243–253. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15427>