



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

Effect of vermicompost on the development of Gros Michel banana plants (*Musa AAA*) at 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, 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. El cultivo de banano requiere, desde su etapa inicial, de insumos de buena calidad para su desarrollo y crecimiento, la utilización de plantas *in vitro* ha tenido un gran auge debido a que las plantas presentan mayor vigor y previene la diseminación de enfermedades en el campo. Estas plantas necesitan de un periodo de aclimatación antes de la siembra definitiva y el uso de sustratos de buena calidad, como el lombricompost, previene la diseminación de enfermedades de suelo, además, fomenta el buen desarrollo lo que podría también 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 y postergado) en dosis de 0 %, 10 %, 25 % y 30 %; luego, se sembraron plantas *in vitro* de banano Gros Michel (*Musa AAA*) en fase IV. Se evaluaron cada dos semanas: la altura de planta, área foliar, número de hojas, emisión foliar y diámetro de pseudotallo, sumado a esto, se analizó, al inicio y al final del ensayo el diámetro del cormo y la biomasa fresca y seca. **Resultados.** El lombricompost resultó beneficioso a 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. **Conclusión.** 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, vitroplantas, aclimatación.

Abstract

Introduction. Banana plantations requires high quality inputs to maintain high productions activity. The use of *in vitro* plants has had a great impact because the plants have greater vigor and prevent the spread of diseases in fields, these plants need a period of acclimatization before planting and the use of high-quality substrates such



as vermicompost prevents the spread of soil diseases, and encourages better development, which It could also help reduce production costs. **Objective.** To evaluate the effect of vermicompost on the growth and development of banana plants cv Gros Michel (*Musa AAA*) at greenhouse stage. **Materials and methods.** At the Atlantic Headquarters of the University of Costa Rica located in Turrialba, during July to September, 2022, substrates were prepared with two types of vermicompost (anticipated and delayed) in doses of 0 %, 10 %, 25 % and 30 %; Then, *in vitro* plants of Gros Michel banana (*Musa AAA*) were planted in IV phase. The following were evaluated every two weeks: plant height, leaf area, number of leaves, leaf emission and pseudostem diameter. In addition to this, the corm diameter, fresh and dry biomass were analyzed at the beginning and at the end of the trial. **Results.** Vermicompost was beneficial at the lowest dose tested (10 % A and 10 % P), although, in the absence of vermicompost (0 %), the plants presented the lowest development, at the highest doses (30 % P) derived a phytotoxic effect. **Conclusion.** Vermicompost stimulated the growth of banana plants based on the physiological variables evaluated in contrast to the treatment without vermicompost.

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

Introducción

El banano es un cultivo que en América Latina se destina para la exportación, por lo que es una actividad generadora de divisas para los países productores. En Costa Rica las áreas que se dedican a la exportación alcanzan las 40 000 ha que a su vez brindan empleo directo a cerca de 40 000 personas y 100 000 empleos indirectos, por lo que se considera una actividad importante para la economía del país. Este escenario demuestra la importancia del cultivo de banano, lo que resulta importante brindar condiciones para un manejo agronómico óptimo, en búsqueda de una mayor productividad y eficacia en todo el proceso de producción (Corporación Bananera Nacional [CORBANA], 2012).

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 meristemas, el cual garantiza que las plántulas a usar estén libres de plagas y enfermedades. Es importante que en las etapas de aclimatación y de almárgo se utilice un sustrato de calidad, que mantenga la sanidad y que asimismo propicie un buen crecimiento, porque de lo contrario el sustrato puede ser fuente de inóculo de diferentes fitopatógenos de suelo como por ejemplo *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, el cual es un abono orgánico que se produce a partir de la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) de residuos orgánicos (Álvarez González, 2016). El lombricompost ofrece diferentes ventajas como lo son el aporte de nutrientes, mejora en la aireación del suelo y acelerar el crecimiento de las plantas, pero que además facilita el desarrollo del sistema radical y aumenta la cantidad y diversidad microbiológica, 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 su vez, permita disminuir los costos de producción como una alternativa al alto costo de los fertilizantes sintéticos que se emplean 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 (Latitud: 9°54'05" N; Longitud: 83°40'20" O), a una altitud de 610 m s. n. m. Esta zona se clasifica entre 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 tiene un rango 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 proveniente de dos procesos de producción distintos que se denominan anticipado (A) y postergado (P), los mismos fueron producidos a través del lombricompostaje de excrementos vacunos de la raza Jersey de la Lechería de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, este proceso se realizó con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), producido en doce semanas. Los procesos de producción de lombricompost se diferenciaron en que el Postergado (P) se cosechó en su totalidad 14 semanas después de haber iniciado el proceso, mientras que el Anticipado (A) se realizaron cosechas superficiales semanales a partir de la semana 8 de haber iniciado el proceso, las características químicas de ambos procesos se presentan en el Cuadro 1. 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, y sus características químicas se presentan en el Cuadro 2.

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/metre. CE = electric conductivity.

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 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 por una malla de cinco milímetros para descartar materiales extraños que tuvieran al mezclarse con el abono, luego, se elaboraron los sustratos en bolsas de polietileno perforadas de 15 x 20

cm (volumen: 1430 cm³), apegándose a 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 procedió a sembrar 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 CORBANA.

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

Table 3. Proportion of substrates 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. / Pot volume: 1430 cm³. A = early harvest vermicompost. P = delayed harvest vermicompost.

Durante el ensayo la altura de la planta (cm) fue medida con una cinta métrica desde la base del pseudotallo hasta el vértice de la hoja más reciente, para el número de hojas emitidas y área foliar (cm²) se tomó la hoja más reciente y se para ello se aplicó la ecuación (1). Para la emisión foliar se marcó la hoja 1 al inicio del ensayo y posterior a cada evaluación, y se contaron las hojas emitidas, el diámetro del pseudotallo (cm) fue medido en su base. En la semana 10 del ensayo se midió el nivel de clorofila (n = 15) con el medidor SPAD 502 Plus. Una vez sembradas las plantas de banano, estas fueron regadas tres veces por semana para mantener la humedad del sustrato.

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

Diseño experimental

Los factores estudiados fueron el tipo (anticipado y postergado) y dosis (0 %, 10 %, 25 % y 30 %), una unidad experimental consistió en siete plantas de banano (*Musa AAA*), la cual contó con tres pseudoréplicas, que suman un subtotal de veintidós plantas por tratamiento, y un total de 147 plantas de banano (*Musa AAA*). Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) bajo el enfoque de modelos lineales mixtos. En las variables donde se concluye que existen diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) se realizó la prueba de comparación de medias (DGC). Todos los análisis se hicieron mediante el uso 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, hubo diferencias en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$) independiente 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, mientras que la altura del T7 fue de $17,3 \pm 0,2$, y la altura de las plantas del tratamiento testigo (T1) fue de $6,6 \text{ cm} \pm 0,2$ (Figura 1).

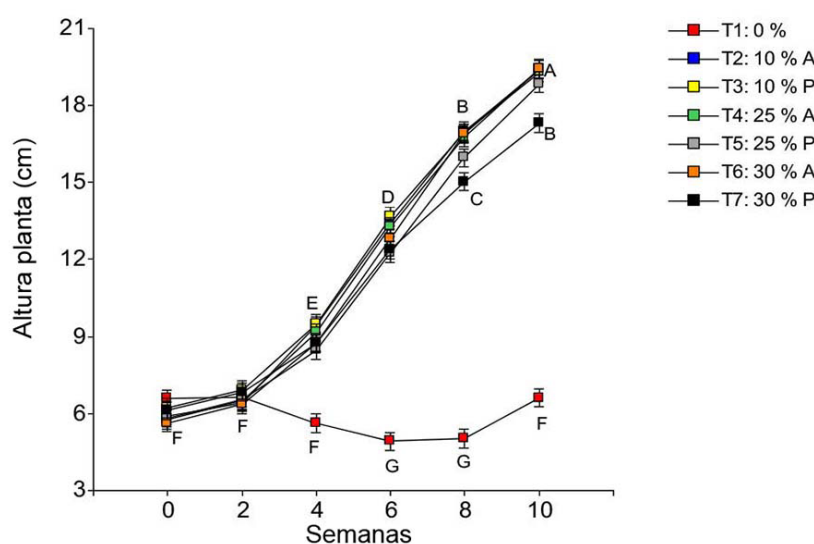


Figura 1. Altura de las plantas (cm) de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

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

Número de hojas

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

Emisión y área foliar

Para el área foliar hubo diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$). Los tratamientos (T2: 10 % A, T3: 10 % P, T4: 25 % A, T5: 25 % P y T6: 30 % A) aumentaron el área foliar cada

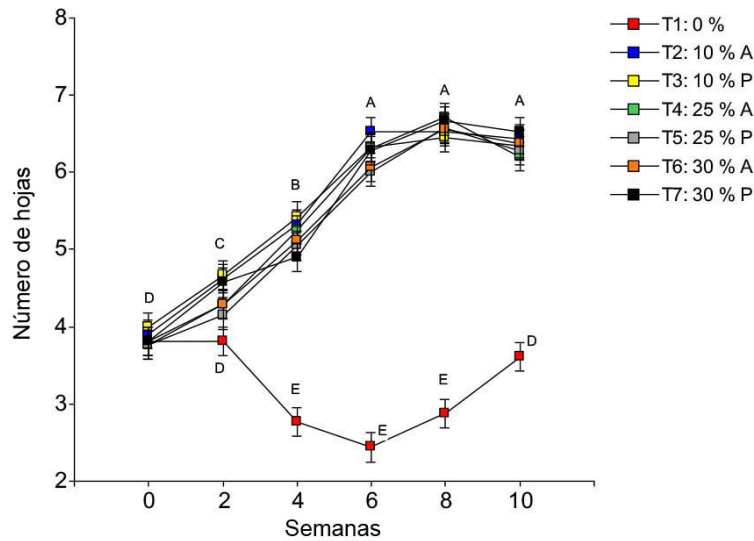


Figura 2. Número de hojas de las plantas de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

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

semana hasta superar los 260 cm² en la semana 10 (Figura 3); mientras que el tratamiento T7 (30 % P) su área foliar también aumentó cada semana, sin embargo, fue menor a los demás tratamientos con lombricompost a partir de la semana 4 y este tratamiento al final del ensayo no superó los 180 cm² y presentó la menor área foliar de aquellos con lombricompost.

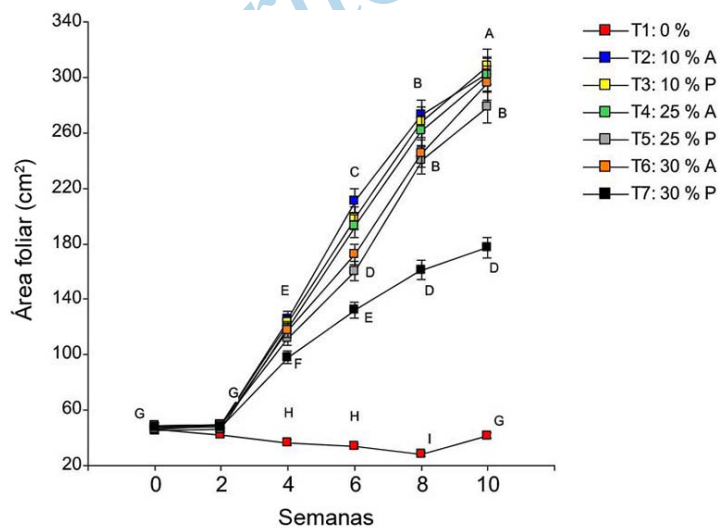


Figura 3. Área foliar (cm²) de las plantas de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

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

La emisión foliar presentó diferencias significativas en la interacción tratamiento por semana ($p < 0,0001$). Se observó que de la semana 2 a la 4 y de la 8 a la 10 la emisión foliar aumentó, mientras que de la 4 a la 8 disminuyó (Figura 4), en las semanas 4 y 10 se presentó la mayor emisión foliar de las plantas, por ejemplo, en la semana 4 se 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, mientras que en la semana 10 se obtuvo 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, siendo este tratamiento el que obtuvo la mayor emisión foliar de todos los tratamientos evaluados.

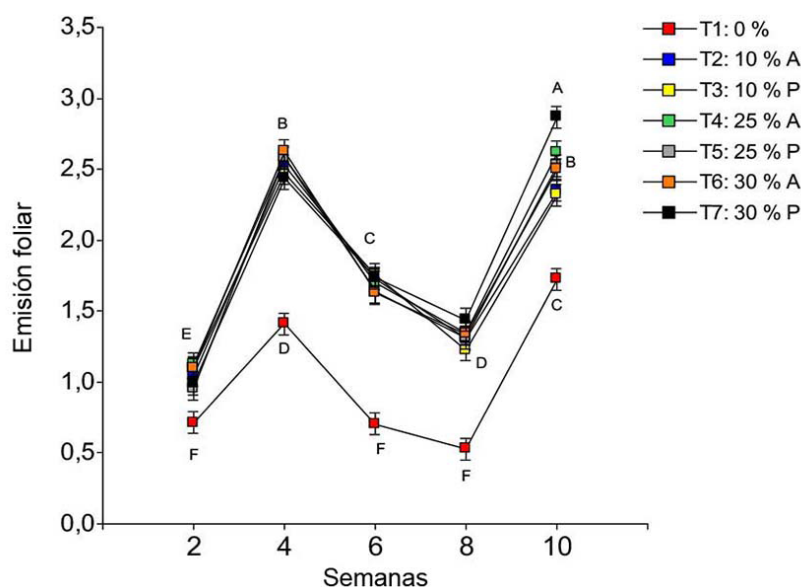


Figura 4. Emisión foliar de las plantas de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

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

Diámetro de pseudotallo

Se obtuvieron 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 durante todo el experimento, los diámetros fueron entre los 2,0 y 2,3 cm. Sin embargo, de la semana 8 en adelante las plantas del tratamiento T7: 30 % P presentaron un crecimiento del pseudotallo superior a los demás, el diámetro de esta dosis fue en 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, este análisis mostró pequeñas variaciones entre las dosis empleadas pero fueron estadísticamente similares entre sí. Los tratamientos

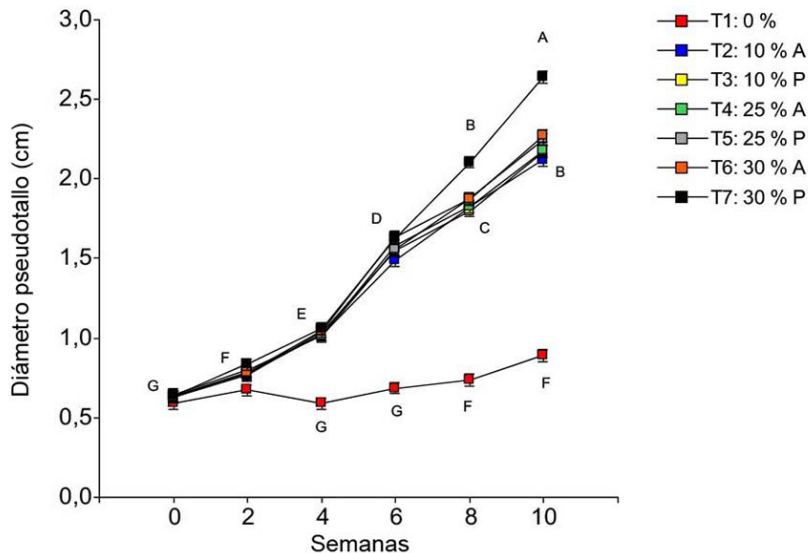


Figura 5. Diámetro del pseudotallo (cm) de las plantas de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) durante 10 semanas en vivero. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

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

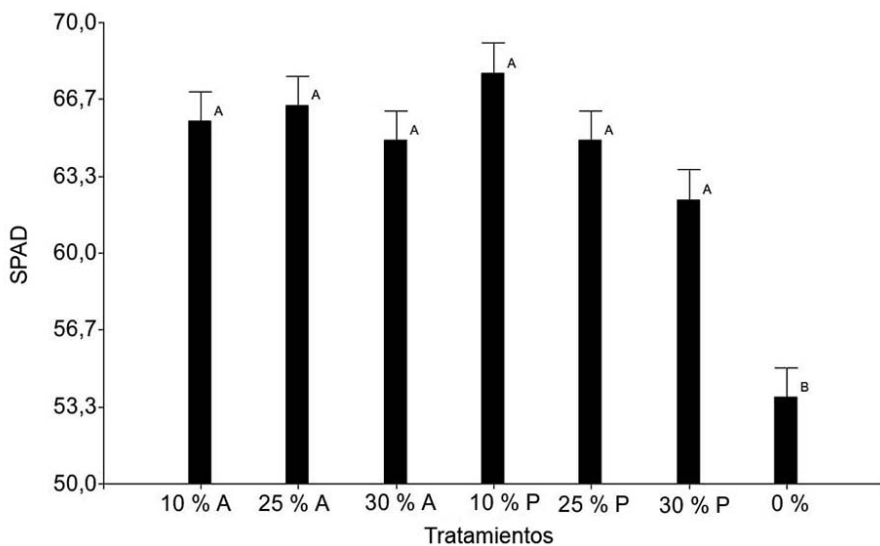


Figura 6. Medición del contenido de clorofila (SPAD) de la hoja #1 de la planta de banano (*Musa* AAA cv Gros Michel) en la semana 10 del ensayo. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, julio-setiembre 2022.

Nota: SPAD (Single-Photon Avalanche Diode) = contenido de clorofila en la hoja.

Figure 6. Measuring chlorophyll content (SPAD) measurement of leaf #1 of banana plant (*Musa* AAA cv Gros Michel) in week 10 of the experiment. Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, July-September 2022.

Note: SPAD (Single-Photon Avalanche Diode) = leaf chlorophyll content.

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 mayores al obtenido por el tratamiento testigo que obtuvo $53 \pm 2,34$ (T1: 0 %) los valores más bajos en todo el experimento.

Discusión

Las plantas tratadas con lombricompost tuvieron un crecimiento mayor a las plantas del tratamiento testigo (T1: 0 %). Esto concuerda con estudios de otros autores que demuestran que al usar lombricompost estimula el crecimiento de las plantas (Durán-Umaña & Henríquez-Henríquez, 2009; 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 obtuvieron un comportamiento similar en el crecimiento y desarrollo de las plantas de banano en las variables altura, número hojas, emisión foliar y diámetro del pseudotallo.

Las plantas del tratamiento T7: 30 % P presentaron una morfología atípica, debido a que fue el tratamiento que obtuvo la altura y área foliar menor, presentó la emisión foliar y el diámetro del pseudotallo mayor que los demás tratamientos, así con un acortamiento de entrenudos (arrepollamiento), los cuales son síntomas de estrés en el cultivo de banano (Domingues-Lima et al., 2022; Waked Ferreira et al., 2002). La conductividad eléctrica del lombricompost postergado presentó valores hasta de 15,5 dS/m (Cuadro 1), mientras que el límite recomendado por Henríquez Henríquez & Cabalceta Aguilar (2012) es 4 dS/m, esta condición pudo ser el motivo de la toxicidad debido a cambios que sufrieron las plantas 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 sobrepasaron los 19 cm de altura, lo que muestra que el lombricompost estimuló el desarrollo de biomasa aérea, por el aporte de nutrientes y estimuladores de crecimiento que favorecieron al desarrollo de las plantas (Awad-Allah & Khalil, 2019; Durango Cabanilla et al., 2017).

Todos los tratamientos excepto 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) obtuvo un número de hojas de 6,7 hojas a la semana 9 después del trasplante y una emisión foliar de 1,8 hojas y Sánchez Romero (2021) obtuvo 1,7 hojas cada dos semanas. Sin embargo, el tratamiento T7: 30 % P en la semana 10 del experimento mostró una aceleración en la emisión de hojas, asimismo, este tratamiento presentó la menor área foliar de los tratamientos analizados (Figura 3), ambos resultados son otro indicador que dicha dosis tuvo efectos fitotóxicos en las plantas por el estrés salino.

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

Respecto al nivel de clorofila (Figura 6), las dosis de lombricompost empleadas en el experimento presentaron valores SPAD más altos que el tratamiento testigo. Existen diversos estudios que toman lecturas de clorofila como un indicador de desarrollo, por ejemplo, Hassan et al. (2022), encontraron que los tratamientos con un 25 % y 50 % de vermicompost presentaron el mayor contenido de clorofila, y consiguieron lecturas SPAD de 39,5 y 35,9 respectivamente, mientras que 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 el criterio de altura, número

de hojas y el verdor de las hojas de la planta para determinar si las plantas de banano son aptas para el trasplante a campo, dichos criterios se cumplen cuando las plantas alcanzan 25 cm de altura y tener 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 si el número de hojas y las plantas presentaron un buen verdor evidenciado por mediciones de SPAD.

Conclusiones

El uso del lombricompost como sustrato mejoró significativamente el crecimiento de las plantas de banano. Los resultados obtenidos indican que el vermicompost 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 % A y 10 % P) obtuvieron los mejores resultados sobre el desarrollo de las plantas de banano, mientras que los tratamientos con las dosis más altas experimentaron efectos fitotóxicos. Se recomienda hacer experimentos antes de usar un abono orgánico como sustrato que permita identificar aquellas dosis pueden ser tóxicas, así como un análisis económico para conocer si es posible si el lombricompost se puede aplicar 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]. <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx:8080/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 plantas de banano (Mussa spp), diagnóstico y servicios realizados en finca bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala, CA*. [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.
- 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. (2012, julio 07). *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. *InfoStat versión 2020*. Universidad Nacional de Córdoba
- Domingues-Lima, Juliana., Mesczezen-Drominiski, Alex., da Silva-Rocha, Camila., Passos-da Conceição, Mariana., Rozane, Danilo Eduardo., & Nardini-Gomes, Eduardo. (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. (2009). 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.
- Hassan, S. A. M, Taha, R. A, Zaied, N. S. M, Essa, E. M., & El-Rheem Kh., A. (2022). Effect of lombricompost 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.
- 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]. <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>
- Waked Ferreira, 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.

Manuscrito aceptado