

VERMICOMPOSTA Y MICORRIZA ARBUSCULAR, SU EFECTO EN LA NUTRICIÓN DEL CACAO EN FASE DE INVERNADERO

VERMICOMPOST AND ARBUSCULAR MYCORRHIZA, EFFECTS ON COCOA NUTRITION IN NURSERY STAGE

Bolívar Andrés Rogel Jarrín

E-mail: brogel2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-1152>

Salomón Barrezueta-Unda

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rogel Jarrín, B. A., Barrezueta-Unda, S., García Batista, R. M. (2023). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 29-37. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El manejo técnico desde la fase de vivero es considerado un factor determinante, para evitar obtener plántulas con deficiencias relacionadas a la altura y al sistema radicular que resultaron en un bajo nivel productivo. El objetivo de la investigación fue describir el efecto de varios tratamientos de vermicompost y micorriza arbuscular en el desarrollo morfológico de plántulas de cacao Nacional en fase de invernadero. En la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con seis tratamientos con un total de 60 unidades experimentales (UE). Cada una de las plantas fueron ubicadas a una separación entre plantas de 0.18 m y una separación entre fila de 0.18 m con el fin de simular la manera en la que son distribuidas en los viveros. Los mejores resultados de la investigación se encontraron en los tratamientos con mayor contenido de vermicompost y HMA (T4 – T5 y T6) en las variables: número de hojas, contenido de clorofila y peso de raíz, lo cual permite sugerir la implementación de dichas tecnologías orgánicas para el desarrollo vegetal favorable y, por ende, una mayor supervivencia al trasplante definitivo.

Palabras clave:

Micorriza arbuscular, Vermicomposta, nutrición, fase de invernadero.

ABSTRACT

Technical management from the nursery stage is considered a determining factor to avoid obtaining seedlings with deficiencies related to height and root system that resulted in a low productive level. The objective of the research was to describe the effect of various treatments of vermicompost and arbuscular mycorrhiza on the morphological development of National cocoa seedlings in the greenhouse phase. The research used a completely randomized experimental design (CRD) with six treatments with a total of 60 experimental units (EU). Each of the plants were placed at a spacing between plants of 0.18 m and a spacing between rows of 0.18 m in order to simulate the way they are distributed in nurseries. The best results of the research were found in the treatments with the highest content of vermicompost and AMF (T4 - T5 and T6) in the variables: number of leaves, chlorophyll content and root weight, which suggests the implementation of these organic technologies for favorable plant development and, therefore, greater survival to final transplanting.

Keywords:

Arbuscular mycorrhiza, Vermicompost, nutrition, Nursery stage.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es el primer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y de aroma, contribuye con el 70% de la demanda internacional (Morales Intriago et al., 2018). Alcívar-Córdova et al., (2021) expresan que el cultivo de cacao es parte fundamental de la economía del Ecuador debido a que sirve de sustento a un gran número de familias que contribuyen con la mano de obra rural. No obstante, el país presenta los más bajos rendimientos dentro de la región sudamericana, provocado por: climas adversos, manejo técnico inadecuado, precios bajos a la cosecha, dificultad para la obtención de financiamiento por parte de entidades bancarias, etc. Que logran mermar su crecimiento productivo (Rodríguez & Fusco, 2017).

La evolución morfo fisiológica normal de un cultivo asegura una producción óptima. Sin embargo, la fase de invernadero es crucial, comenzando con la germinación hasta el estado de plántula, para el trasplante al lugar definitivo en el que completará su ciclo fenológico completo (Loaiza et al., 2021). En este aspecto, la elección del tipo de sustrato para el establecimiento del vivero generalmente determina el éxito o fracaso en la producción de plantas, una práctica común en la propagación de plantas de cacao es la utilización de sustratos a partir de suelo, arena y materia orgánica que se destina para el llenado de las bolsas, convirtiéndose en el medio en donde se desarrollará el porta-injerto de cacao (Aracelly López et al., 2020). Además, comúnmente en la etapa de vivero se practica la desinfección del sustrato con el fin de eliminar organismos patógenos lo que conlleva a una reducción indirecta de los organismos benéficos, provocando que las plantas carezcan de un sistema biológico que le permita una nutrición óptima (Hernández Acosta et al., 2018).

Se destaca la utilización de vermicompost, un sustrato que se elabora a partir de la descomposición de los materiales orgánicos por la acción de los microorganismos que asocia la digestión aeróbica y la transformación de los restos orgánicos a través de la acción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). El producto final se caracteriza por ser un sustrato uniforme, con una notable estructura física, aireación, porosidad, contenido nutricional, capacidad de retención de humedad y drenaje.

Ricárdez Pérez et al., (2020) sugiere que la implementación de tecnologías orgánicas en fase de invernadero permite mejorar la humedad y nutrientes en el sustrato, lo que conlleva a un aumento de la biomasa microbiana, contrario a lo que sucede con los fertilizantes inorgánicos. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituye un funcional grupo que es importante en la biota del suelo, ya que favorece al mejoramiento de la estructura, la multifuncionalidad del ecosistema y el desarrollo

productivo de los cultivos (Vallejos-Torres et al., 2019). La importancia del estudio de los HMA es porque existe evidencia de asociación con más del 80% de las plantas, así como a su papel en la protección del sistema radicular de agentes fitopatógenos, promoción de la nutrición mineral y facilitación de la absorción de agua, lo que contribuye al mejoramiento del crecimiento y supervivencia de las plantas (Urgiles-Gómez et al., 2020). Sobre lo mismo, Ayala-Tafoya et al., (2020) indican que el vermicompost provoca un efecto multilateral tanto de las propiedades agronómicas del suelo, debido a que contribuye a la microflora y microfauna, que incide proporcionalmente a la asimilación de los nutrientes a través del sistema radicular. Asimismo Ojeda & Rodríguez (2018) menciona que la gestión efectiva de las asociaciones micorrízicas puede ser un medio para aumentar la productividad de los cultivos agrícolas, ya que los HMA son componentes vitales de la rizosfera de estos cultivos. Las plantas mantienen una estrecha relación mediante una red de hifas interconectadas que aumentan el área del suelo explorada por las raíces, mejoran su estructura y facilitan la absorción de nutrientes y agua, entre otras funciones esenciales.

La utilización de compost y vermicompost en el sustrato tiene un efecto positivo en las características físico-químicas del suelo, ya que ambos productos contienen una gran cantidad de materia orgánica, lo que mejora las propiedades físicas del suelo, como la porosidad, la textura y la capacidad de retener agua. Además, el uso de compost y vermicompost en el sustrato aumenta el contenido de materia orgánica (MO) en el suelo, lo que mejora la fertilidad del suelo y proporciona un ambiente adecuado para el desarrollo de microorganismos benéficos, lo que favorece en el ciclaje de nutrientes y en la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Vázquez et al., 2020).

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue analizar el efecto de varios tratamientos de vermicompost y micorriza arbuscular en el desarrollo morfológico de plántulas de cacao Nacional en fase de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una zona rural de la ciudad de Machala (Ecuador) en las coordenadas geográficas: , (Figura 1). El clima de la zona se caracteriza por ser cálido tropical, el cual es afectado por la corriente fría de Humboldt y la aparición de la corriente cálida de El Niño, registra valores de temperatura promedio de 24° a 26° C (GAD Machala, 2015).



Figura 1. Mapa de ubicación

<https://www.google.com/maps?q=-3.3239686,-79.9087994&z=17&hl=es>

Preparación de sustratos

Se preparó el compost mediante un hoyo de 2m*2m y una profundidad de 1,80 m, en el cual se agregó raquis de banano picado, carbón, pasto, estiércol de vaca, hojarasca de bosque, hojas de cacao, suero de leche y biochar

de cacao. A continuación, se colocó en el centro un tubo plástico con el fin de que exista una correcta aireación del medio. Finalmente se cubrió el compost con un plástico negro para que se genere hermeticidad. El proceso de compostaje tuvo una duración de 55 días (Figura 2).

2A



2B



2C



Figura 2. Compost. A) Elaboración de fosa para mezcla de materiales. B) Preparación de materiales a compostar. C) Finalización del compostaje

Se elaboró el vermicompost mediante la utilización de cuatro cajas de madera de 0.60 m * 0.60 m y una profundidad de 0.60 m. Se colocó el material compostado en cada una de las cajas dejando un espacio de aproximadamente 5 cm en la parte superior, posterior se agregó aproximadamente 300 lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*) /caja. Se aplicó agua por medio de una regadera, tres veces por semana para asegurar un óptimo desarrollo de las lombrices. La cosecha del vermicompost se realizó tres meses después, efectuando el secado y tamizado del material (Figura 3)

3A



3B



3C



3D



Figura 3. Vermicompost. A) Construcción de cajas para el inicio del proceso de vermicompost. B) Lombrices listas para ser incorporadas al vermicompost. C) Balanza utilizada para el pesado del vermicompost. D) Tamizado del producto final

En el estudio se utilizaron plantas de cacao tipo Nacional plantado en bolsas de polietileno de 2 kg de capacidad con perforaciones en la base. El diseño experimental utilizado fue block completamente al azar (DCA) con seis tratamientos y un total de 60 unidades experimentales (UE). Cada una de las plantas fueron ubicadas a una separación entre ellas de 0.18 m y una separación entre fila de 0.18 m con el fin de simular la manera en la que son distribuidas en los viveros (Figura 4).

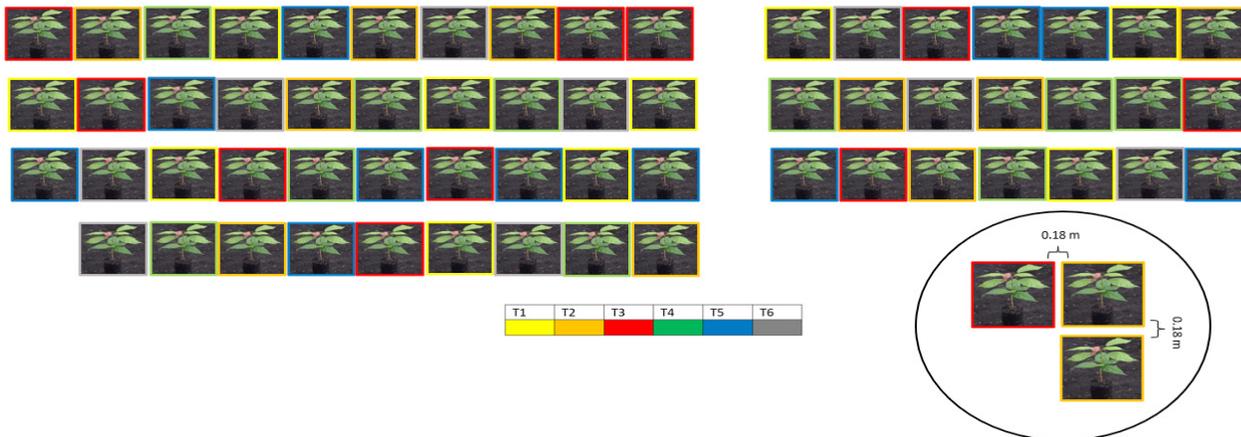


Figura 4. Distribución de las unidades experimentales

Tratamientos empleados

Las semillas de cacao se obtuvieron de parcelas de cacao variedad nacional en la Finca “Las Mercedes” (Figura 5), las cuales se lavaron con abundante agua para posterior retirar el mucilago de cada una de ellas y a continuación, se efectuó el llenado de las bolsas plásticas en base a los tratamientos conformados (Tabla 1). El tratamiento 1 (T1) se conformó de 1400 g de arena + 138.4 g de tamo de arroz + 244 g de hojarasca, el tratamiento 2 (T2) se conformó de 1400 g de arena + 138.4 g de tamo de arroz + 2080 g de tierra dulce + 244 g de hojarasca + 4 g de MycoUp®, el tratamiento 3 (T3) se conformó de 1050 g de arena + 103.8 g de tamo de arroz + 1560 g de tierra dulce + 183 g de hojarasca + 858 g de vermicompost, el tratamiento 4 (T4) se conformó de 1050 g de arena + 103.8 g de tamo de arroz + 1560 g de tierra dulce + 183 g de hojarasca + 858 g de vermicompost, el tratamiento 5 (T5) se conformó de 700 g de arena + 69.2 g de tamo de arroz + 1040 g de tierra dulce + 122 g de hojarasca

+ 1715 g de vermicompost y finalmente el tratamiento 6 (T6) se conformó de 700 g de arena + 69.2 g de tamo de arroz + 1040 g de tierra dulce + 122 g de hojarasca + 4 g de MycoUp® + 1715 g de vermicompost.



Figura 5. Obtención de semillas de cacao de la variedad Nacional en la Finca “Las Mercedes”

Como inoculante biológico de HMA del género *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharums* se utilizó el producto comercial MycoUp®, el cual fue disuelto a una concentración de 4 gramos/litro y aplicado a cada planta de los tratamientos T2, T4 y T6 a los 30 días posteriores a la siembra.

Tabla 1. Conformación del sustrato para los tratamientos aplicados

Tratamientos	Vermicompost (g)	Tamo de arroz (g)	HMA (g)
T1	0	138.4	0
T2	0	138.4	4
T3	858	103.8	0
T4	858	103.8	4
T5	1715	69.2	0
T6	1715	69.2	4

Variables evaluadas

Todas las variables fueron registradas a partir de los 30 días, posterior a la emergencia de las plántulas. Los indicadores morfológicos evaluados fueron:

- Altura de planta (cm), medida desde la base del tallo hasta la yema terminal apical,

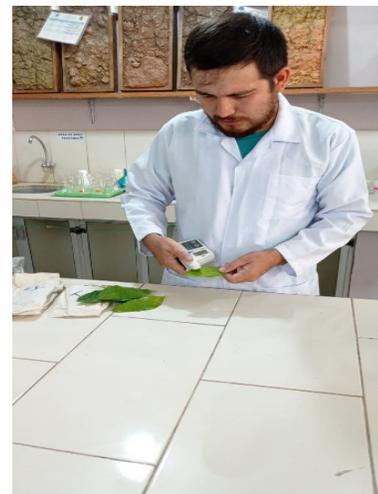
- Diámetro del tallo (mm), medido a 0,5 cm desde la superficie del suelo.
- Largo de raíz (cm), medido desde la base del tallo hasta la cofia de la raíz más larga,
- Numero de hojas, contabilizado semanalmente en 6 plantas seleccionadas por cada tratamiento de estudio.
- Peso de raíz en fresco (g), se extrajo las raíces de las plantas a los 100 días después de la siembra (dds), y se pesó cada muestra por medio de una balanza semi analítica.
- Peso de raíz en seco (g), las raíces previamente extraídas fueron llevadas a un horno con una temperatura de 45 °C por un periodo de 24 horas (Figura 6A) y se cuantifico su peso a través de una balanza semi analítica (Figura 6B).
- **Clorofila de las hojas**, se determinó a través de un medidor de clorofila SPAD-502® marca Minolta® de procedencia (USA) (Figura 6C) y se aplicó la metodología propuesta por Héctor et al (2018) en la cual se cortó una muestra de aproximadamente 5cm*5cm a la altura del tercio medio de la hoja y posterior se realizó un total de seis mediciones por cada tratamiento, las cuales fueron promediadas.



6A



6B



6C

Figura 6. Equipo implementado en la medición de las variables. A) Horno utilizado para la deshidratación de raíces. B) Pesado de raíces mediante balanza semi analítica. C) Medidor de clorofila SPAD-502®

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo para las variables: altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), largo de raíz (cm), emisión foliar, peso de raíz fresco (g), peso de raíz seco (g) y clorofila de las hojas por medio de la prueba paramétrica Análisis de varianza (ANOVA) de un factor inter-grupos, para corroborar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos del factor de estudio y posterior se ejecutó la prueba de Duncan α $p < 0,05$ para encontrar el mejor de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en las variables estudiadas, y su comportamiento se presentan a continuación.

Altura de planta (cm)

Los valores promedios de altura de planta de cacao a los 30, 65 y 100 dds no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 2). De igual modo Ricárdez Pérez et al., (2020) reportaron que el efecto sinérgico entre el

vermicompost junto a los HMA no provocó un mayor desarrollo en la altura de plantas de cacao en fase de invernadero. Esto difiere con los resultados obtenidos por Vallejos-Torres et al., (2022), que observaron un potencial efecto para inmovilizar el cadmio en el suelo, influyendo en un mejor desarrollo en el crecimiento de plantas de cacao. Cabe señalar que el efecto de la actividad microbiana de los HMA en la altura de planta podría aumentar en proporción al desarrollo del cultivo.

Tabla 2. Test de Duncan ($p < 0,05$) para la altura de planta

Tratamientos	Altura de planta (cm) – 30 dds			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	15.82 NS	11.1	20.6	0.625
T2	17.06 NS	14.7	18.6	
T3	17.07 NS	14.5	19.3	
T4	17.02 NS	14.6	19.7	
T5	17.31 NS	12.8	19,00	
T6	17.28 NS	14.3	19.8	
Altura de planta (cm) – 65 dds				
T1	18.36 NS	11.90	7.75	0.896
T2	19.28 NS	17.20	7.25	
T3	19.22 NS	16.70	7.00	
T4	18.98 NS	16.70	7.50	
T5	18.82 NS	17.40	7.75	
T6	19.41 NS	17.10	9.87	
Altura de planta (cm) – 100 dds				

T1	19.63 NS	13.40	23.70	0.971
T2	20.17 NS	17.70	21.80	
T3	20.03 NS	17.00	22.80	
T4	19.60 NS	17.70	22.00	
T5	19.52 NS	18.20	20.70	
T6	20.10 NS	18.00	21.90	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Número de hojas

En la Figura 7, se muestran los valores promedios de número de hojas a los 30, 65 y 100 dds. Los tratamientos T5 y T6 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos a los 65 dds y mostraron las plantas con mayor número de hojas promedio con 5.25 y 6.12 hojas respectivamente. El tratamiento T6 presentó las plantas con mayor número de hojas promedio a los 100 dds con 9.87 hojas. Resultados similares obtuvieron Cortés et al., (2015), en cuanto al efecto positivo que posee la aplicación de HMA en la síntesis de promotores de crecimiento vegetal, lo que permite un incremento en el número de hojas. Por otro lado, Ricárdez Pérez et al., (2020) señalan que no encontraron diferencias en el uso de vermicompost junto con HMA en la cantidad de número de hojas de las plantas evaluadas, sin embargo, se puede destacar que las plantas quedan micorrizadas durante todo el ciclo del cultivo y es probable que eso influya en el futuro.

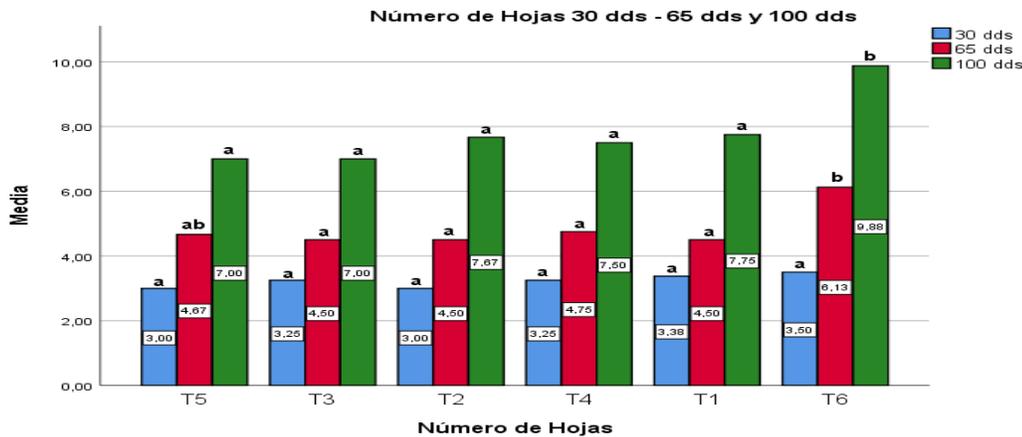


Figura 7. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable número de hojas

Diámetro de tallo (mm)

Los valores promedios de diámetro de tallo de cacao a los 30, 65 y 100 ds no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 3). Estos resultados coinciden con Ricárdez Pérez et al., (2020), quienes no observaron que la utilización de vermicompost en fase de invernadero en

cacao no produce un aumento en el diámetro de tallo. Contrario a esto Cortés et al., (2015) a los 90 días encontraron diferencias significativas en la variable diámetro de tallo cuando inocularon HMA a plantas de cacao en etapa de vivero, debido a que estos tipos de hongos favorece en el ciclaje de nutrientes, lo que incide directamente en una mayor supervivencia al trasplante definitivo.

Tabla 3. Test de Duncan ($p < 0,05$) para diámetro de tallo

Tratamientos	Diámetro de tallo (mm) – 30 dds			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	3.56 NS	2.50	4.30	0.910
T2	3.43 NS	2.80	4.20	
T3	3.58 NS	3.00	3.80	
T4	3.52 NS	3.00	4.00	
T5	3.43 NS	3.00	3.70	
T6	3.65 NS	3.00	4.50	
Diámetro de tallo (mm) – 65 dds				
T1	5.30 NS	4.40	6.00	0.412
T2	5.41 NS	4.50	6.00	
T3	5.52 NS	4.80	6.00	
T4	5.60 NS	5.00	7.00	
T5	5.40 NS	4.80	6.00	
T6	5.58 NS	5.20	6.00	
Diámetro de tallo (mm) – 100 dds				
T1	7.16 NS	6.00	8.20	0.480
T2	7.45 NS	7.00	8.20	
T3	7.23 NS	6.00	7.80	
T4	7.31 NS	6.60	8.00	
T5	7.12 NS	6.50	7.50	
T6	7.62 NS	7.00	8.80	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Contenido de clorofila (SPAD)

En la Figura 8. se muestran los valores promedios de contenido de clorofila totales. Los tratamientos T2, T4, T5 y T6 fueron estadísticamente iguales y presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos, mostrando las plantas con mayor contenido de clorofila con 29.02, 32.03, 32.50 y 33.63 respectivamente. Solórzano et al., (2020) reportó que la utilización de vermicompost en plantas de pimiento, produce un incremento del contenido de clorofila, atribuido al aporte de ácidos húmicos, aminoácidos y reguladores de crecimiento por parte del vermicompost. Adicionalmente, Pírela-Almarza et al., (2018) La inoculación de HMA (un tipo de microorganismo) en fases iniciales de plantas de papaya tiene un efecto positivo en el contenido de clorofila de las plantas. Esto se debe a que la presencia de HMA mejora la estructura de las raíces, la fertilidad del suelo y la capacidad de almacenamiento de carbono en el sustrato, lo que a su vez ayuda a las plantas a producir más clorofila, que es utilizada como combustible para el crecimiento y desarrollo de la planta. En resumen, la inoculación de HMA ayuda a las plantas de papaya a crecer y prosperar mejor al mejorar su capacidad de producir clorofila.

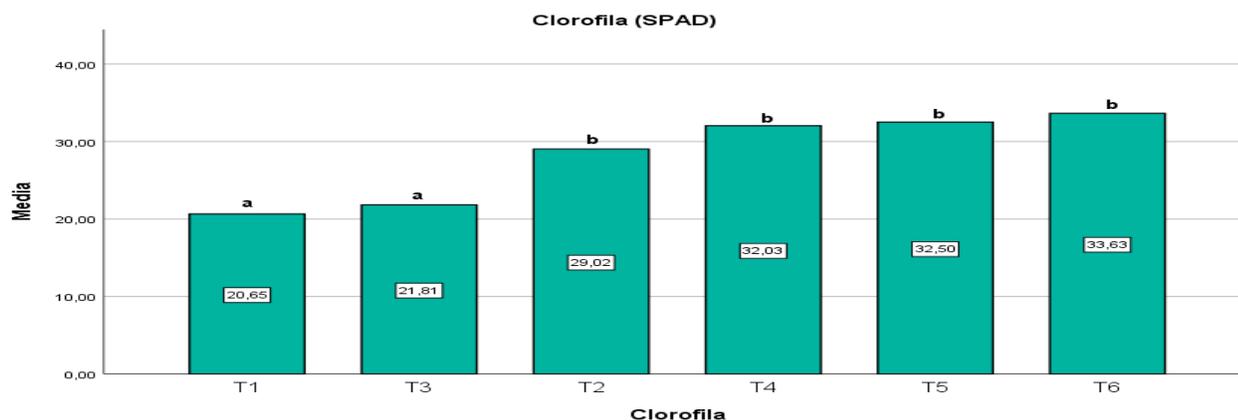


Figura 8. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable clorofila (SPAD)

Peso fresco y seco de raíz (g)

Los valores promedio de peso de raíz se presentan en la Figura 9. El tratamiento T6 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y mostró las plantas con mayor peso fresco de raíz con 4.37. En la tabla 7. se muestran los valores promedios de peso de

raíz en seco. El tratamiento T6 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y mostró las plantas con mayor peso seco de raíz con 1.62. El aumento en el peso de raíz y su relación positiva con la inoculación de HMA junto al vermicompost concuerda con resultados obtenidos por Ricárdez Pérez et al., (2020), en los que se encontró que La aplicación de HMA junto con

vermicompost en plantas de cacao en fase de invernadero posee un efecto positivo en el peso de raíz de las plantas. Esto se debe a que existe una relación simbiótica entre el HMA y las raíces de las plantas, lo que promueve

una mejor absorción de los nutrientes. El vermicompost es una forma rica en nutrientes y microorganismos beneficiosos para las plantas, incluyendo ácidos húmicos, aminoácidos y reguladores de crecimiento.

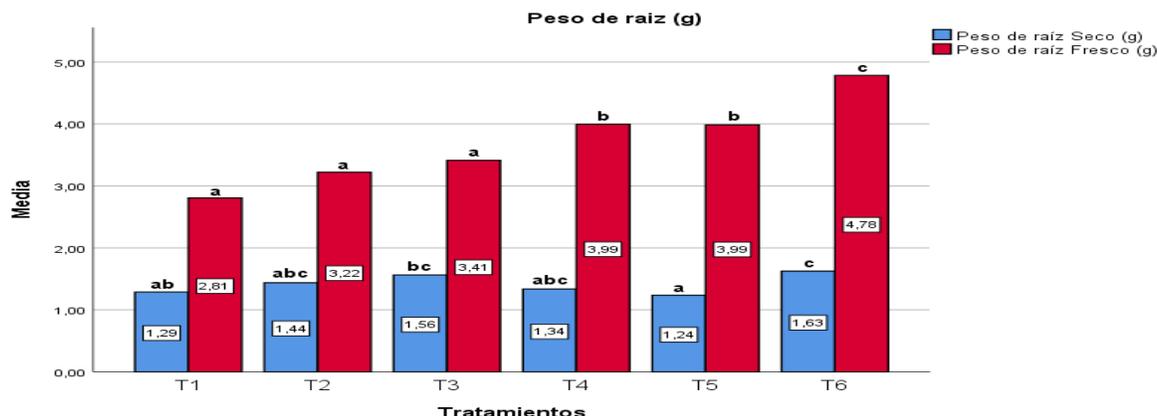


Figura 9. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable peso de raíz (g)

Longitud de raíz principal (cm)

Los valores promedios de longitud de raíz de cacao no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 4). Por otra parte, Ricárdez Pérez et al., (2020) reportaron un incremento de la longitud de raíces de plantas de cacao en fase de invernadero al utilizar vermicompost, ya sea solo o en sinergia con HMA, debido al mejoramiento de la capacidad hídrica del sustrato, regulación del pH e impulso de la actividad microbiana. Esto es consistente con lo presentado por Leblanc & Márquez, (2014) donde ha demostrado que el uso del vermicompost, solo o en sinergia con HMA, incrementa la longitud de las raíces de las plantas de cacao en entornos de invernadero. Esto mejora la capacidad de retención de agua del sustrato, regula el pH y estimula la actividad microbiana.

Tabla 4. Test de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíz (cm)

Tratamientos	Peso de raíz en seco (g)			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	39.37 NS	23.00	52.00	0.593
T2	39.12 NS	28.00	49.00	
T3	41.62 NS	31.00	51.00	
T4	46.00 NS	32.00	59.00	
T5	42.50 NS	29.00	55.00	
T6	43.25 NS	35.00	50.00	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

Los mejores resultados se encontraron en los tratamientos con mayor contenido de vermicompost y HMA (T4 – T5 y

T6). Las aplicaciones de vermicompost y HMA (T5 Y T6) propiciaron resultados superiores en las variables número de hojas y contenido de clorofila. Así mismo, se observó un efecto favorable en la inoculación de HMA junto a la aplicación de vermicompost en la variable de peso de raíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcívar-Córdova, K. S., Quezada-Campoverde, J. M., Barrezueta-Unda, S., Garzón-Montealegre, V. J., & Carvajal-Romero, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *Polo Del Conocimiento*, 6, 2430–2444. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926903>
- Aracelly López, D., Plaza Avellán, L., Rivadeneira Moreira, B., Párraga Palacios, F., & Herrera Suárez, M. (2020). Comparación de tres variantes de preparación del sustrato empleado en la propagación de patrones de cacao. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(3), 37–49. <https://eqrcode.co/a/4pz6mB>
- Ayala-Tafoya, F., López-Urquidez, G. A., Parra-Delgado, J. M., Retes-Manjarrez, J. E., López-Orona, C. A., & Yáñez-Juárez, M. G. (2020). Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 257–265. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>
- Cortés, S., Vesga, N., Sigarroa, A., Roza, L., & Cárdenas, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 3, 151–158. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000300003

- GAD Machala. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala*. https://machala.gob.ec/SIL/2021/ter/plate/PDOT_CANT%C3%93N%20MACHALA%202019.pdf
- Héctor, E., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., & León, R. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica*, 20, 11–18. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6723168.pdf>
- Hernández Acosta, E., Trejo Aguilar, D., Ferrera Cerrato, R., Rivera Fernández, A., & González Chávez, M. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedades garnica, catimor, caturra y catuai. *Revista Agroproductividad*, 11(4), 61–67. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agro-productividad/article/download/352/276/654>
- Leblanc, H. A., & Márquez, E. (2014). Efecto de los hongos formadores de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de cacao en vivero. *Tierra Tropical*, 10(2), 191–200. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEAR-TH/64>
- Loaiza, B., Quevedo, J., Rodríguez, I., & García, R. (2021). Efectos del carbón mineral en la morfo-fisiología de plántulas de cacao tipo nacional (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agro-Ecosistemas*, 9(2), 92–98. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/474>
- Manuel Acosta-Durán, C., Solís-Pérez, O., Villegas-Torres, O. G., & Cardoso-Vigueros, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, 27, 127–139. www.cia.ucr.ac.cr
- Morales Intriago, F. L., Carrillo Zenteno, M. D., Ferreira Neto, J. A., Peña Galeas, M. M., Briones Caicedo, W. R., & Albán Moyano, M. N. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 58–64. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.131>
- Ojeda, L., & Rodríguez, Y. (2018). Efecto de la inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento de un banco forrajero de *Pennisetum purpureum* VC. Taiwán morado. *Revista Científica Agro-Ecosistemas*, 6(2), 86–91. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/197/226>
- Pírela-Almarza, Á. Y., Aguirre-Serpa, O. E., Ramírez-Villalobos, M. D. C., Petit, B., Bracho, B., & Parra, I. (2018). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y del estiércol de ovino en el desarrollo inicial de la lechosa (*Carica Papaya* L.) var. Maradol roja. *Bioagro*, ISSN-e 2521-9693, ISSN 1316-3361, Vol. 30, N° 1, 2018, Págs. 79-86, 30(1), 79–86. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100008&script=sci_abstract
- Ricárdez Pérez, J., Álvarez, R., Álvarez, J., Fernández, J., Sánchez, A., & Reyes, R. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2282>
- Rodríguez, D., & Fusco, M. (2017). Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación En Modelos Financieros*, 1, 57–74. <https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/02/Rodriguez-D.-Fusco-M.-Gestion-de-riesgos-agropecuarios-en-el-sector-del-cacao-en-Ecuador1.pdf>
- Solórzano, C. C., Torres García, A., Fidel, E., & Ardisana, H. (2020). Respuestas de crecimiento, contenido de clorofila y rendimiento a la aplicación de lixiviado de vermicompost de estiércol bovino en el pimiento (*Capsicum annum* L. híbrido Quetzal). *La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, N° Extra 0 (Edición Especial), 2020, 20 Págs., 0, 11–20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232839&info=resumen&idioma=ENG>
- Urgiles-Gómez, N., Guachanamá-Sánchez2, J., Granda-Mora2, I., Robles-Carrión2, Á., Encalada-Cordova, M., Loján-Armijos, P., Avila-Salem5, M. E., Hurtado-Trejo, L., & Poma-López, N. (2020). Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados al café en sistemas agroforestales de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 137–145. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/826>
- Vallejos-Torres, G., Arévalo, L., Iliquin, I., & Solis, R. (2019). Respuesta en Campo de Clones de Café a la Inoculación con Consorcios de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la Región Amazonas, Perú. *Información Tecnológica*, 30(6), 73–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600073>
- Vallejos-Torres, G., Ruíz-Valles, R., Chappa-Santa María, C. E., Gaona-Jiménez, N., & Marín, C. (2022). Una alta diversidad de hongos micorrízicos arbusculares influye en la absorción de cadmio y crecimiento vegetativo del cacao. *Bioagro*, 34(1), 75–84. <https://doi.org/10.51372/bioagro341.7>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>