

EFFECTS OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON *THEOBROMA CACAO* L. SEEDLINGS, AS AN ALTERNATIVE FOR AGROFORESTRY DEVELOPMENT

YAIMÉ LEYVA ROS, THALIA CHACÓN DUBOY

Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal, Guantánamo, Cuba

*Autor para correspondencia: yaimelayvaros@gmail.com

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de productos biológicos en plántulas de *Theobroma cacao* L. como alternativa para el desarrollo agroforestal sostenible. La problemática radica en la necesidad de mejorar la calidad de los plantones de cacao para aumentar su productividad y reducir la dependencia de insumos químicos. El objetivo fue analizar el impacto de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y microorganismos eficientes (ME) en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao. Se establecieron cinco tratamientos con HMA (INCAN-11 y INCAN-2) y ME, más un control, en un diseño completamente aleatorizado. Se evaluaron variables como germinación, crecimiento, masa seca y índices morfológicos. Los resultados mostraron que la germinación acumulada alcanzó el 100% al sexto día, con mayor vigor en el quinto día. Los tratamientos con ME presentaron el mayor crecimiento en longitud, mientras que *Funneliformis mosseae* mostró los valores más bajos. La masa seca radical y foliar fue superior en plantas inoculadas. Los tratamientos con *F. mosseae* destacaron por su bajo índice de esbeltez y alto índice de calidad de Dickson, lo que indica mayor resistencia mecánica. Se concluyó que los bioestimulantes mejoran significativamente el desarrollo temprano del cacao, siendo una alternativa viable para la producción sostenible.

Palabras clave: germinación, masa seca, resistencia mecánica, sostenibilidad, crecimiento vegetativo

ABSTRACT

The study evaluated the effect of biological products on *Theobroma cacao* L. seedlings as an alternative for sustainable agroforestry development. The problem lies in the need to improve the quality of cocoa seedlings to increase their productivity and reduce dependence on chemical inputs. The objective was to analyze the impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Efficient Microorganisms (EM) on the growth and development of cocoa seedlings. Five treatments with AMF (INCAN-11 and INCAN-2) and EM, plus a control, were established in a completely randomized design. Variables such as germination, growth, dry mass and morphological indices were evaluated. The results showed that accumulated germination reached 100% on the sixth day, with greater vigour on the fifth day. The treatments with EM showed the greatest growth in length, while *Funneliformis mosseae* showed the lowest values. Root and leaf dry mass were higher in inoculated plants. Treatments with *F. mosseae* were notable for their low slenderness index and high Dickson quality index, indicating greater mechanical resistance. It was concluded that biostimulants significantly improve the early development of cocoa, being a viable alternative for sustainable production.

Keywords: germination, dry mass, mechanical resistance, sustainability, vegetative growth

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones hacia una agricultura sostenible dependen de la adopción de nuevas tecnologías por parte del sector agrario productivo. Para lograr este objetivo, es fundamental el conocimiento sobre el manejo de biofertilizantes y bioproductos, donde los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y los Microorganismos

Eficientes (ME) desempeñan un papel crucial. Estos elementos son esenciales para mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos.

El género *Theobroma* tiene su origen en América Tropical, específicamente en la cuenca alta del río Amazonas. Dentro de este género, algunas especies poseen una gran relevancia económica en los trópicos,

Recibido: 20/5/2022

Aceptado: 07/7/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



destacándose principalmente *Theobroma cacao* (cacao). Este cultivo es de gran importancia para la economía del país, ya que representa un artículo de exportación y un insumo básico para industrias locales (Abad et al., 2020). Actualmente, el cacao se considera uno de los cultivos con mejores perspectivas futuras debido a la creciente demanda de sus productos en los mercados nacionales e internacionales. Además, constituye una fuente importante de ingresos para los agricultores dedicados a esta actividad.

Para alcanzar altos rendimientos en el cultivo de cacao, es necesario implementar tecnologías que permitan la producción de plántones de alta calidad y vigor. Estos plántones deben ser adecuados para su instalación en campo definitivo o para servir como patrones en procesos de injerto. La calidad de los plántones es un factor determinante para el éxito del cultivo y su productividad a largo plazo.

Los biofertilizantes representan un componente esencial en los sistemas agrícolas sustentables, ya que ofrecen una alternativa económicamente viable y ecológicamente responsable. Su uso permite reducir la dependencia de insumos externos y mejorar tanto la cantidad como la calidad de los recursos internos del sistema. Esta práctica contribuye a la conservación del medio ambiente y a la optimización de los recursos disponibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en los viveros de la Biofábrica pertenecientes a la Empresa Agroforestal de Montaña “Coronel Arturo Lince González”, ubicada en Sabaneta, Guantánamo. Para la obtención de las semillas, se seleccionaron bellotas sanas de plantas adaptadas a la zona, que no presentaran alta susceptibilidad a las enfermedades locales y que tuvieran una alta producción de mazorcas. Antes de la extracción de las semillas, las bellotas se sometieron a un proceso de desinfección que consistió en lavarlas con agua limpia y sumergirlas durante 5 minutos en una solución de cloro comercial a una concentración de 5 ml/L de agua.

Después de extraer las semillas de las bellotas, se seleccionaron aquellas ubicadas en el centro, descartando los extremos que correspondían a granos pequeños y planos. Estas semillas se colocaron en una malla y se frotaron con arena para eliminar el mucílago que las cubría. Finalmente, se lavaron con agua para asegurar que quedaran libres de residuos y listas para el proceso de pregerminación. Este proceso se llevó a cabo en canteros con cobertura de arena y regulación de la humedad, siguiendo las recomendaciones del Paquete tecnológico del cultivo del cacao (Gómez et al., 2014).

Para el desarrollo del trabajo, se establecieron viveros con canteros de 20 m² (20 m x 1 m) en una casa de malla bajo condiciones semicontroladas dentro de las instalaciones (De León-Carmenaty, 2003). Se utilizaron bolsas de polietileno de 15 cm x 20 cm, en las cuales se sembraron las semillas de la especie. Durante el proceso,

se realizaron las atenciones culturales fundamentales, como riego, conteo de supervivencia y entresaca de postura (Álvarez & Varona, 2006).

Se establecieron cinco tratamientos y un testigo en la etapa de vivero, con un diseño completamente aleatorizado. Cada tratamiento contó con tres réplicas, con un total de 90 plantas por réplica, lo que sumó 540 plantas en total. De estas, se evaluaron 30 plantas por tratamiento (180 plantas), con periodos de evaluación a los 15, 30 y 45 días después de la germinación de las semillas. Los tratamientos se conformaron de la siguiente manera:

Tratamientos

TC: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno)

T1: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno) + HMA 1 (INCAN-11)

T2: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno) + HMA 2 (INCAN-2)

T3: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno) + MEAG

T4: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno) + HMA 1 (INCAN-11) + MEAG

T5: Suelo + materia orgánica (cascarilla de café y Estiércol vacuno) + HMA 2 (INCAN-2) + MEAG

Inicialmente, se aplicó un producto biológico a base de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) provenientes del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Las cepas utilizadas fueron *Rhizophagus irregularis* (Blaszk, Wubet, Renker y Buscot) Walker y Shüßler (Schüßler y Walker, 2010), cepa INCAM-11 (DAOM711363), y *Funneliformis mosseae* (Nicol. y Gerd.) Walker y Schüßler, cepa INCAM-2. Ambas cepas contaban con 50 esporas por gramo de inóculo.

Se depositaron 2 g del producto biológico en el orificio hecho en el sustrato momentos antes de la siembra de las semillas, siguiendo la metodología descrita por Noval et al. (1997). Una vez que se desarrollaron las hojas verdaderas en la primera etapa, se aplicó el inoculante comercial de microorganismos eficientes autóctonos de Guantánamo (MEAG), producido por la Empresa Agroforestal de Montaña “Arturo Lince González”. Este inoculante se preparó al 2% y se aplicó en los órganos aéreos de las plantas mediante el método de aspersión, siguiendo las recomendaciones del fabricante en función del número de plantas por tratamiento.

Las variables estudiadas incluyeron el comportamiento de la germinación, evaluado mediante criterios como el Día de Vigor (DV), la Germinación del Día de Vigor (GDV) y el Valor del Vigor (VV). Además, se analizaron atributos morfológicos e índices morfológicos de las plantas, como el Índice de Esbeltez (H/D), la relación parte aérea-parte radical y el Índice de Calidad de Dickson (Qi).

Para el análisis de los datos del experimento, se utilizó un modelo matemático correspondiente al diseño completamente aleatorizado en vivero. El análisis de varianza se realizó mediante ANOVA simple, y la comparación de medias se llevó a cabo con la Prueba de Rango de Tukey. El procesamiento y análisis estadístico se realizó mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS, versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar el comportamiento de la germinación, se evidenció que el máximo valor de semillas germinadas diarias se presentó en el quinto día, con un total de 530 germinadas. Este día se consideró como el día de vigor del periodo germinativo. El máximo valor de la germinación acumulada se alcanzó al sexto día, con un total de 540 semillas germinadas, lo que representa el 100 % de germinación. Estos resultados son similares a los obtenidos por López Medina & Gil Rivero (2017), quienes informaron el mayor porcentaje de germinación en semillas de cacao entre el sexto y el décimo día. Además, Adu et al. (2017) señalaron que la eliminación del mucílago de las semillas de cacao incrementa el porcentaje de germinación entre un 80 % y un 100 %, en comparación con las semillas que conservan el mucílago.

Al analizar los atributos morfológicos, se observó que los valores de crecimiento en longitud de las plantas variaron en los periodos de 15, 30 y 45 días, dependiendo del tratamiento aplicado. En los tres momentos evaluados, todos los tratamientos inoculados mostraron diferencias estadísticas entre sí y con respecto al control. Los niveles más altos de crecimiento se alcanzaron en el tratamiento inoculado con MEAG, mientras que la variante inoculada con *F. mosseae* presentó los niveles más bajos. Los tratamientos con HMA mostraron diferencias estadísticas entre sí, a pesar de lograr resultados similares, tanto cuando se aplicaron de forma independiente como combinados con MEAG. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Núñez Iza (2013), quien observó que el desarrollo de plántulas de cacao a los 120 días, con estiércol de animales menores descompuestos, puede alcanzar una altura de 35 a 37,72 cm. Asimismo, Navas Barba & Ramos Remache (2013) informaron una altura máxima de 16,88 cm en plantas de cacao de la variedad EET-103 tratadas con bioestimulantes orgánicos. Los resultados obtenidos en esta investigación, en periodos más cortos, corroboran la efectividad de los bioestimulantes en esta especie. Además, Ramírez & Zambrano (2021) demostraron que, en periodos de 20, 30 y 40 días, se puede obtener un valor promedio de 17,86 cm, similar a los resultados observados en este estudio.

Con relación al diámetro del tallo y al número de hojas, no se observaron diferencias significativas entre las variantes estudiadas. Estos indicadores suelen presentar un comportamiento similar en posturas de diferentes cultivos, especialmente en aquellos de ciclo largo o perenne,

donde los periodos de evaluación son cortos y no permiten expresar el potencial del cultivo inducido por los bioproductos inoculados. Sin embargo, los resultados de este estudio superaron los informados por Ramírez & Zambrano (2021), quienes obtuvieron un promedio máximo de 7,76 hojas en 40 días con un bioestimulante orgánico a base de extractos de algas marinas en *Theobroma cacao* L. CCN-51. En cuanto a la masa seca radical, todos los tratamientos superaron al control, aunque mostraron resultados estadísticamente similares entre sí. El mayor resultado se obtuvo en el tratamiento inoculado con MEAG, lo cual coincide con los hallazgos de Alarcon Camacho et al. (2020), quienes observaron incrementos en la altura y en la masa seca radical a los 45 días en estudios realizados con MEA.

Se observó que la masa seca foliar (MSF) contribuyó en mayor medida a la masa seca total, con resultados similares en todas las variantes. Sin embargo, en los tratamientos donde se aplicó MEAG de forma independiente o combinada con *R. irregularis*, se obtuvieron niveles intermedios con similitud estadística con el resto de las variantes. Estos resultados demuestran que la masa seca es uno de los indicadores más relevantes del desarrollo vegetativo, especialmente en la evaluación de bioproductos para la obtención de posturas. Djenatou et al. (2020) indicaron que la inoculación de biofertilizantes micorrízicos en sustratos incrementó la masa seca de plántulas de cacao en vivero, en comparación con plantas tratadas de manera convencional. Vargas (2018) también informó que los abonos procesados con ME estimularon indicadores de crecimiento, incluida la masa seca de la planta, en plantones de cacao clon CCN-51. La mejor respuesta se observó con el uso de hongos micorrízicos arbusculares, los cuales ejercieron el mayor efecto sobre los indicadores de crecimiento y masa seca.

Con respecto al número de raíces primarias, no se observó una gran variabilidad entre los resultados. Sin embargo, en el número de raíces secundarias, se evidenciaron diferencias significativas, donde *R. irregularis* superó estadísticamente a todas las variantes estudiadas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Lucas (2016), quien estudió el efecto de la asociación micorrízica sobre el crecimiento de *Theobroma cacao* L. y observó que el bioproducto ANCUPA C1 incidió significativamente en la longitud radicular de la planta. El mejor valor para el indicador RPA/RPR (relación Parte Aérea/ Parte Radical) se observó en las plantas inoculadas con *R. irregularis* de forma independiente, ya que el resto de los tratamientos superaron el valor de 1. Olliet et al. (1999) recomendaron que un valor menor en esta relación favorece la absorción de agua frente a las pérdidas, lo que indica que las plantas tienen una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo.

Para la variable esbeltez (H/D), el valor más bajo se obtuvo en el tratamiento inoculado con *F. mosseae*. Este resultado coincide con lo citado por Gonzalez (2006),

quien señala que una planta de buena calidad debe tener un valor bajo en el índice de esbeltez. De igual manera, los mejores resultados para el índice de calidad de Dickson (QI) se obtuvieron en los tratamientos inoculados con *F. mosseae*, tanto de forma independiente como combinada con MEAG. Esto sugiere que estas plantas presentan mayor resistencia mecánica durante las operaciones de plantación o en condiciones de fuertes vientos, tal como lo mencionan (Oconor et al., 2019).

CONCLUSIONES

1. El máximo vigor germinativo se alcanzó al quinto día con 530 semillas germinadas, mientras que la germinación acumulada del 100 % se logró al sexto día con 540 semillas. Estos resultados coinciden con estudios previos que destacan la importancia de eliminar el mucilago para mejorar la germinación entre un 80 % y un 100 %.
2. Los tratamientos inoculados con MEAG mostraron los mayores niveles de crecimiento en longitud, mientras que *F. mosseae* presentó los más bajos. La masa seca radical y foliar fue superior en plantas inoculadas, destacando la eficacia de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo temprano del cacao.
3. Los tratamientos con *F. mosseae* mostraron los valores más bajos en el índice de esbeltez y los mejores resultados en el índice de calidad de Dickson, lo que indica mayor resistencia mecánica. Esto sugiere que estas plantas son más aptas para soportar condiciones adversas durante la plantación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, 7, 59-83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>.
- Adu, M. O., Cobbinah, T., Asare, P. A., Yawson, D. O., & Taah, K. J. (2017). Demucilaging Freshly Stored Seeds of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Improves Seedling Emergence and Growth. *Journal of Botany*, 2017, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/1938359>
- Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. <https://doi.org/10.1768/sci.agropecu.2020.01.08>
- Álvarez, P., & Varona, J. C. (2006). *Silvicultura* (Tercera). Editorial Pueblo y Educación.
- De León-Carmenaty, M. (2003). *Viveros Forestales, Manual Técnico para las Actividades Agropecuarias y Forestales en las Montañas* (Comisión Nacional Plan Turquino-Manatí). Agrinfor.
- Djenatou, P., Ndooh, J. P. N., Kosma, P., & Magapche, E. L. N. (2020). Evaluation of the inoculation effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) in the nursery. *International Journal of Sciences*, 9(07), 6-13.
- Gómez, R., García, R., Tong, F., & González, C. (2014). Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma. *Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador-UNODC*.
- Gonzalez, E. (2006). *Memoria científica semestral del proyecto para el cultivo en vivero de diferentes especies forestales 1er semestre* (p. 18).
- López Medina, S. E., & Gil Rivero, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao". *Arnaldoa*, 24(2), 609-618.
- Navas Barba, J. G., & Ramos Remache, R. (2013). *Bioestimulantes orgánicos en el comportamiento fenológico de clones de cacao (Theobroma cacao L.) en viveros. La maná 2013*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/c385513c-fd21-48ff-b9c1-9185799df583>
- Noval, B. de la, Hernández, M., & Hernandez, J. (1997). Utilización de las micorrizas arbusculares en la adaptación de vitroplantas de banano (*Musa* sp): Dosis y cepas de hongos formadores de micorrizas arbusculares y combinaciones de sustratos. *Cultivos Tropicales (Cuba)*, 18(3). <https://agris.fao.org/search/en/providers/122595/records/64722e5453aa8c896301a90d>
- Núñez Iza, M. P. (2013). *Efecto de tres dosis de estiércol de bovino en tres especies de ají: Tabasco, habanero, y jalapeño, bajo las condiciones agroclimáticas de la parroquia matriz del cantón La Mana, provincia de Cotopaxi*. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/b6c962b0-849f-45de-af7d-ba5b9c917900>
- Oconor, E. F., López, M. C., Vichot, M. B., Leyva, O. R., Castillo, C. V. R., & Leyva, E. R. (2019). Influencia del sustrato en la calidad de la planta *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. Cultivada en tubetes. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 283-296.
- Oliet, J., Segura, M. L., Dominguez, F. M., Blanco, E., Serrada, R., Arias, M. L., & Artero, F. (1999). Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 8(1), 207-228.

- Ramírez, G. K., & Zambrano, B. M. (2021). "Comportamiento agronómico del cacao CCN51 (*Theobroma cacao* L) usando bioestimulante orgánico a base de extractos de algas marinas". <https://repositorio.utc.edu.ec/items/ef08efe8-ea99-47cd-add0-d3c3cb0e94c5>
- Vargas, R. (2018). *Aplicación de microorganismos eficientes EM en la producción de plantones de Theobroma cacao* L. "cacao" en condiciones de vivero. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/4981867a-0eb3-49aa-a898-8934410739ed>