

30

EFECTOS DEL BIOCARBÓN
Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LAS FASES
FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE BANANO

EFFECTOS DEL BIOCARBÓN

Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LAS FASES FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE BANANO

EFFECTS OF BIOCHAR AND EFFICIENT MICROORGANISMS ON THE PHENOLOGICAL STAGES OF BANANA

Geamyla Verónica Cevallos-Jungal¹

E-mail: gcevallos2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0283-7890>

Melany Iralda Armijos-León¹

E-mail: marmijos9@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7552-1137>

José Nicasio Quevedo-Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García-Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cevallos-Jungal, G. V., Armijos-León, M. I., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (2024). Efectos del biocarbón y microorganismos eficientes en las fases fenológicas del cultivo de banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(1), 287-294.

RESUMEN

En Ecuador el cultivo de banano constituye un pilar fundamental tanto en el ámbito agrícola como económico, siendo uno de los productos más exportados a lo largo del tiempo y generando oportunidades de empleo para las familias ecuatorianas. En la provincia de El Oro la industria bananera ha contribuido en la economía del país, sin embargo, ha tenido inconvenientes relacionados en los procesos de cultivo por el uso excesivo de productos químicos e inadecuadas prácticas agrícolas que contribuyen con el desgaste del suelo y la pérdida de la microflora y microfauna que son parte primordial en los procesos de mineralización de la materia orgánica. En la investigación se evaluó las fases fenológicas del banano cultivar Williams, empleando fertilizantes orgánicos y químicos. El diseño experimental fue completamente al azar con tres tratamientos y diez repeticiones: T1(Fertilizante completo 40 g/planta); T2 (Biocarbón 25 g/planta + Microorganismo Eficientes 4 ml + Agua purificada 1143 ml); T3(Fertilizante completo 40 g/planta encapsulado con Biocarbón con una relación de (1:10) + Microorganismo Eficientes 4 ml + Agua purificada 1143 ml). Los parámetros evaluados fueron: altura de planta, número total de hojas hasta la presencia de la hoja Fn, emisión foliar, fuste y los niveles de clorofila. Los resultados obtenidos destacaron que la aplicación en T2(Biocarbón 25 g/planta + Microorganismo Eficientes 4 ml + Agua purificada 1143 ml), tuvo un impacto significativo en las fases fenológicas, consolidándose como el tratamiento más efectivo en el cultivo de banano.

Palabras clave:

Microorganismos eficientes, biocarbón, fases fenológicas.

ABSTRACT

In Ecuador, banana cultivation is a fundamental pillar in both the agricultural and economic spheres, being one of the most exported products over time and generating employment opportunities for Ecuadorian families. In the province of El Oro the banana industry has contributed to the country's economy; however, there have been problems related to the cultivation processes due to the excessive use of chemical products and inadequate agricultural practices that contribute to soil erosion and the loss of the microflora and microfauna that are an essential part of the processes of mineralisation of organic matter. The research was evaluated the phenological phases of the banana cultivar Williams, using organic and chemical fertilizer. The experimental design was completely randomised with three treatments and ten replications: T1(Complete fertilizer 40 g/plant); T2(Biochar 25 g/plant + Efficient Microorganism 4 ml + Purified water 1143 ml); T3(Complete fertilizer 40 g/plant encapsulated with Biochar with a ratio of (1:10) + Efficient Microorganism 4 ml + Purified water 1143 ml). The parameters evaluated were: plant height, total number of leaves up to the presence of the Fn leaf, leaf emission, stem and chlorophyll levels. The results obtained showed that the application of T2(Biochar 25 g/plant + Efficient Microorganism 4 ml + Purified water 1143 ml), had a significant impact on the phenological phases, consolidating itself as the most effective treatment in banana cultivation.

Keywords:

Efficient microorganisms, biocarbon, phenological phases.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es de gran importancia por su contenido nutricional y se caracteriza por ser una de las frutas más consumidas, Ecuador es el mayor productor y exportador de banano del mundo y su presencia internacional aumenta con un promedio anual de ventas extranjeras cerca de seis millones de toneladas métricas comercializadas en los diferentes continentes (León et al., 2020). La exportación bananera representa el 2% del PIB general y aproximadamente el 35% del PIB agrícola (Ecuador. Ministerio de Comercio Exterior, 2017). El comercio del banano es de gran importancia económica después del petróleo, consecuentemente contribuye significativamente a lo largo del proceso de su desarrollo (Orozco, 2017).

Ecuador posee un clima tropical estable que permite la producción de banano durante todo el año (León et al., 2020). Las condiciones climáticas en la región costera de Ecuador han permitido que la producción de banano sea considerada como uno de los más sostenibles, lo que proporciona las condiciones ideales para su crecimiento.

Los productores de banano se concentran principalmente en las provincias de El Oro, Guayas, y Los Ríos, las mismas que abarcan el 41%, 34%, y 16% de los productores respectivamente. En la provincia de El Oro se sitúan la mayor parte de los pequeños productores de banano del país (aproximadamente 42%) mientras que los grandes productores se establecen principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos (Ecuador. Ministerio de Comercio Exterior, 2017).

La industria bananera de El Oro es una de las actividades más prominentes y reconocida en la región, que ha contribuido significativamente al crecimiento económico del país, sin embargo, ha tenido inconvenientes relacionados con el medio ambiente en el proceso de los cultivos (Salcedo-Muñoz et al., 2021). El uso excesivo de agroquímicos en conjunto de las inadecuadas prácticas agrícolas son factores determinantes en la degradación del suelo y pérdida de microbiota que son parte primordial en los procesos de mineralización de la materia orgánica (Tuz, 2018). El manejo integrado del cultivo es una estrategia que busca maximizar la producción mientras se minimiza el impacto ambiental y se mantiene la sostenibilidad a largo plazo, una de las formas que se puede lograr esto es a través del uso de mulching combinado con microorganismos eficientes (ME) y biocarbón, reemplazando a los agroquímicos tradicionales.

Los microorganismos eficientes forman una parte esencial de la microbiota del suelo, son los encargados de la descomposición de la materia orgánica y la protección de los cultivos de agentes fitopatógenos como es el caso de *Trichoderma*. El micoparasitismo es un mecanismo de *Trichoderma* spp. que establece una simbiosis antagónica, lo que permite que el crecimiento de patógenos fúngicos reduzca por medio de la fijación de su estructura miceliana y la secreción de enzimas extracelulares que afectan la estructura de la pared celular de los hongos parasitados (Romero-Cortes et al., 2015, citado por Cuenca et al., 2022).

Por otra parte, el uso del biocarbón desde el siglo XX los científicos encontraron que los suelos más fértiles del mundo se encontraban en la Cuenca del Amazonas y era llamado "Terra Preta", las comunidades indígenas comenzaron a usar estas técnicas hace más de 2000 años creando un tipo único de carbón al quemar restos de plantas, estiércol, huesos y otros desechos orgánicos en un ambiente con poco oxígeno. Este carbono conocido hoy como biocarbón se devuelve al suelo mejorando su biodiversidad, dando como resultado una fertilidad legendaria en el "suelo negro" de la Cuenca del Amazonas (Kastner, 2014).

En base a esto, se puede admitir que los ME juegan un papel importante en la activación del biocarbón siendo una estrategia que promueve el crecimiento de raíces, favorecen la floración, y en términos de procesos fisiológicos los ME aumentan la capacidad fotosintética y una mejor absorción de nutrientes (Averos, 2022).

La investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar los efectos del biocarbón y microorganismos eficientes en las fases fenológicas del cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área de banano en la Granja Experimental "Santa Inés" perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada a 5,5 km de la vía Machala, Parroquia El Cambio, Cantón Machala, de la provincia de El Oro - Ecuador (Figura 1).

El área de investigación se encuentra en las coordenadas geográficas 3°17' 38.7"S 79°54' 48.1"W, a una altitud de 6 msnm. Se caracteriza como un clima tropical seco a semihúmedo, su precipitación oscila entre 500 y 1000 mm concentrándose durante los meses de diciembre a mayo, la temperatura media es superior a 24 °C (Holdridge, 1978).

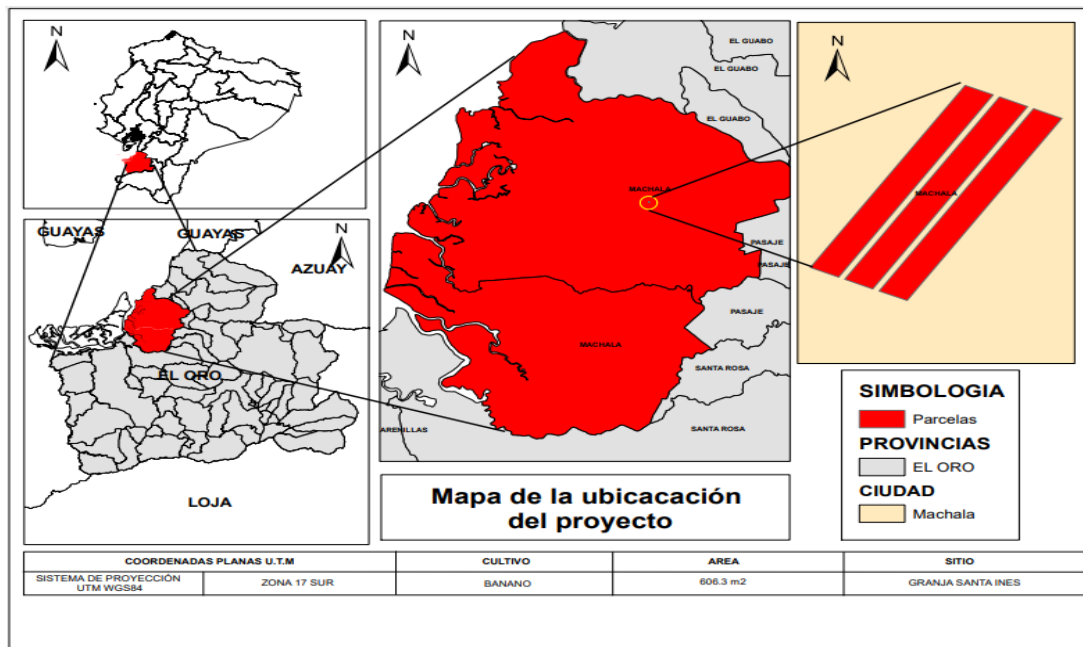


Figura 1. Mapa de ubicación del área experimental.

Para este trabajo se escogieron 30 plantas recién cosechadas de banano por tratamiento del cultivar Williams, dentro de la plantación de banano establecida en la Granja experimental “Santa Inés” de la Universidad Técnica de Machala.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos T1(NPK40); T2(B25ME4); T3(NPK40B4ME4) y diez unidades experimentales por tratamiento con tres repeticiones en cada uno (Tabla1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T1 (NPK40)	Fertilizante completo 40 g/planta
T2 (B25ME4)	Biocarbón 25 g/planta + Microorganismo Eficientes 4 ml + Agua purificada 1143 ml
T3 (NPK40B4ME4)	Fertilizante completo 40 g/planta, encapsulado con Biocarbón con una relación de (1:10) + Microorganismo Eficientes 4 ml + Agua purificada 1143 ml

Composición de los productos utilizados en los tratamientos (Tabla 2 y 3).

Se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2. Resultados de los análisis de la composición del biocarbón.

Resultados de los análisis del biocarbón						
pH	%					Relac. C/N
	M.O	C	N	P	K	
10,20	6,11	3,50	1,52	0,70	13,45	2,30

Fuente: NEMALAB S.A (2019).

Tabla 3. Porcentajes de nutrientes en la composición del fertilizante completo.

% de nutrientes en la composición de fertilizante completo					
N	12	P ₂ O ₅	11	K ₂ O	18
N Nítrico	5	MgO	2,70	B	0,02
N Amoniacal	7	Fe	0,20	Mn	0,02

Metodologías utilizadas

Preparación del terreno: se colocó una capa de mulch vegetal basado en arvenses locales con la finalidad de mitigar el alto contenido de sales presentes en el suelo, además de mejorar la actividad microbiana benéfica del suelo y bajar la salinidad presente para mejorar los parámetros fisicoquímicos y salud del suelo.

Selección: se seleccionaron 10 yemas (hijos retorno) de primera y segunda línea de manera aleatoria en 30 plantas madre del cultivar Williams, fueron estimulados con la aplicación de materia orgánica, con la intención de acelerar el proceso de crecimiento.

Reproducción de microorganismos: basado en la metodología según Michel-Aceves et al. (2008), el sustrato se lavó con agua destilada para eliminar las impurezas, se escurrió el exceso de agua y posteriormente se agregó cloranfenicol (500 ppm) hasta quedar inmerso totalmente; se dejó hidratar y posteriormente se coló el agua y se llenaron fundas polifán con 250 g del sustrato, cerrándola con algodón y cinta para esterilizar en autoclave durante 30 minutos (Figura 2A y 2B).

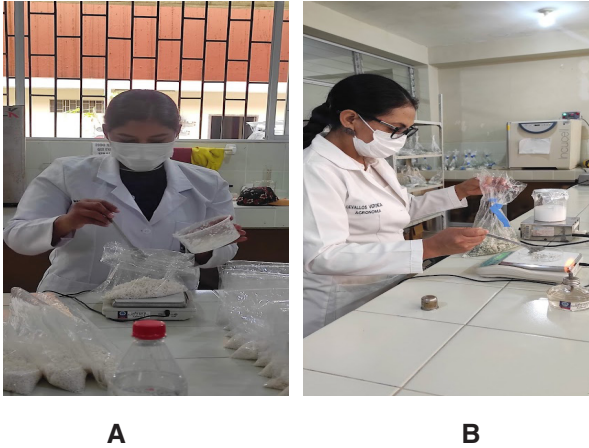


Figura 2. Inoculación y multiplicación de microorganismos eficientes.

Aplicación de los tratamientos: se inició la aplicación de los tratamientos desde el mes de noviembre del 2022 hasta julio del 2023, el fertilizante de fórmula completa y biocarbón se aplicó mensualmente, mientras que el tratamiento de microorganismos se aplicó quincenalmente vía drench, con el suelo a capacidad de campo y alrededor de los hijos retornos evaluados en la (Figura 3A, 3B, 3C.)

T1: 9 aplicaciones, 40 gramos/planta de fertilizante completo (NPK40).

T2: 9 aplicaciones, 25 gramos/planta de Biocarbón se aplicó mensualmente, más 16 aplicaciones de 4 mililitros de microorganismos de montaña (B25ME4).

T3: 9 aplicaciones, 40 gramos/planta de fertilizante completo encapsulado con 4 gramos de Biocarbón, 4 mililitros de microorganismos de montaña (NPK40B4ME4).



A: NPK40

B: B25ME4

C: NPK40B4ME4

Figura 3. Aplicación de los tratamientos.

Labores culturales

Control de arvenses: se eliminó con rozadora mecánica una vez al mes (Torres, 2012).

Deshije y deschante: se eliminaron los hijos mal posicionados e hijos de agua, junto con esta labor se realizó el deschante en donde únicamente se cortan las partes secas del pseudotallo (Torres, 2012).

Deshoje: El deshoje se realizó en la fase vegetativa de crecimiento eliminando las hojas bajas, evitando traslape con hojas de plantas vecinas (Aboboreira, 1994).

Destalle: Consiste en descartar el pseudotallo después de la parición a una altura de aproximadamente de 1,50 m permitiendo que los retoños seleccionados absorban los nutrientes que se encuentran dentro del mismo.

Variables evaluadas

Variables de crecimiento

Altura de planta (APH): Se midió con un flexómetro, desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación de peciolo entre hojas cada quince días.

Número total de hojas hasta la presencia de la hoja Fn (NDH): Se realizó el conteo de hojas nuevas emitidas y se enumeró desde la hoja escumiforme hasta la presencia de la hoja Fn.

Emisión foliar (EF): Se registró el crecimiento de la hoja cigarro, la recopilación de datos se realizó dos veces por semana a partir de la presencia de la primera hoja verdadera o llamada hoja Fm hasta la hoja Fn.

Fuste (FUS): Se midió con un flexómetro a una altura de 0,70 m, el fuste de cada planta una vez por semana.

Clorofila (CL): La medición de la clorofila se realizó con un medidor de clorofila conocido como medidor SPAD (Soil Plant Analysis Development), este dispositivo midió el nivel relativo en la tercera hoja, lo que lo que a su vez indicó el estado de salud y la actividad fotosintética en la planta de banano.

Procedimiento estadístico:

Se realizó mediante el software estadístico IBM SPSS statistics, donde los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en valores de los tratamientos y cada una de las variables de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza aplicado en las variables examinadas (Tabla 4). Se determinó que existen diferencias significativas en las medias de altura de planta, número total de hojas y emisión foliar por su valor inferior a ($p \leq 0,05$), no obstante, en los datos de clorofila existió semejanza entre los tratamientos siendo mayor o igual a ($p \geq 0,05$).

Tabla 4. Resultados del ANOVA en las variables de crecimiento.

Tratamientos	APH	NDH	EF	FUS	CL
NPK40	1,40	24,80	0,58	0,32	53,96
B25ME4	1,44	25,40	0,84	0,35	55,60
NPK40B4ME4	1,13	22,50	0,60	0,27	54,59
Sig. (0,05)	0,000	0,003	0,000	0,007	0,702

En la Figura 4, la variable altura de la planta indica que los tratamientos T1(NPK40) y T2(B25ME4) son estadísticamente iguales para un ($p \leq 0,05$) con medias de 1,40 y 1,44 m y difieren del T3(NPK40B4ME4), que exhibe un valor más bajo de 1,13 m. Mientras, que la relación con la variable número de hojas (Figura 5) los resultados son similares, ya que el tratamiento T2(B25ME4) con una media de 25,40 y T1(NPK40) con un valor de 24,80 h/pl, fueron estadísticamente diferentes a T3(NPK40B4ME4) con una media de 22,50 h/pl. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tenesaca et al. (2019) donde determinaron que las dosis altas de fertilizante de fórmula completa y orgánicos, mostraron la menor incidencia en las variables altura y número total de hojas.

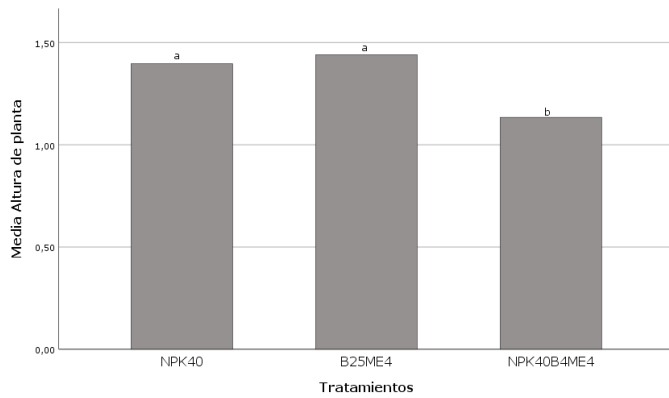


Figura 4. Diagrama de barras de la variable altura de planta.

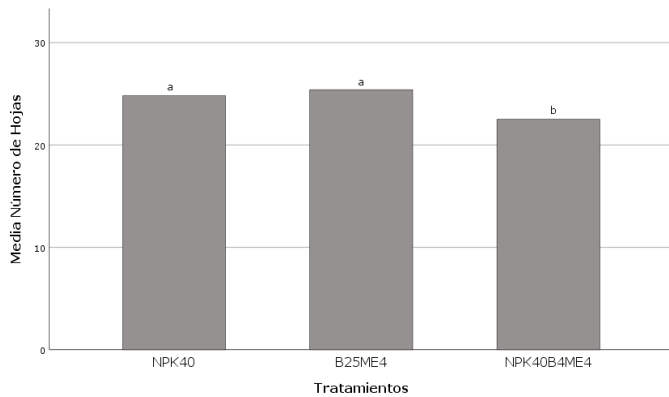


Figura 5. Diagrama de barras para la variable número de hojas.

Emisión foliar (EF): En la Figura 6 se muestra que la mayor emisión de hojas se obtuvo en el tratamiento T2 con una media de 0,84 h/s, mostrando diferencias significativas con T3 y T1 con un valor promedio de 0,60 y 0,58 h/s respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación desarrollada por Niola et al. (2021), en la cual el tratamiento que incorporaba Biocarbón aportó los mejores resultados manifestándose con una emisión foliar de 0,9 h/s.

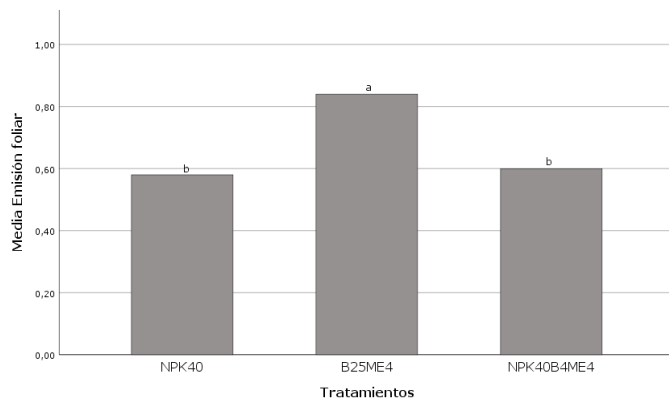


Figura 6. Diagrama de barras de la variable emisión foliar.

Fuste (FUS): Los resultados de fuste aparecen en la Figura 7, revelan diferencias significativas entre los tratamientos, estas diferencias muestran que las medias de los tratamientos T2 y T1 son de 0,35 m y 0,32 m, respectivamente, en contraste el tratamiento T3 presenta una media de 0,27 m, notablemente el tratamiento T2 se destaca por exhibir el valor más alto en esta variable. Estos resultados encuentran respaldo coincidente con los obtenidos en la investigación desarrollada por Tenesaca et al. (2019) donde demostraron que la presencia de biocarbón en el suelo influye en el desarrollo del fuste.

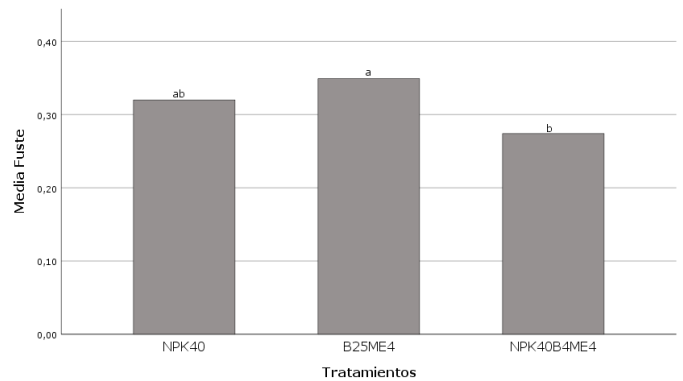


Figura 7. Diagrama de barras para la variable fuste.

Clorofila (CL): En la Figura 8 se observó que no se presenta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos tal como se refleja en las medias obtenidas, el tratamiento T2 alcanzó un valor de 55,60 $\mu\text{moles}/\text{m}^2$, seguido por T3 con 54,60 $\mu\text{moles}/\text{m}^2$ y T1 con 53,96 $\mu\text{moles}/\text{m}^2$, estos valores superan el valor ($p \geq 0,05$), lo que sugiere que existe uniformidad en la distribución de clorofila en la mayoría de las hojas. De acuerdo con lo expresado por Cayon (2001) en las fases vegetativas de crecimiento se constató que las tasas elevadas de fotosíntesis se manifestaron en las hojas más jóvenes de la planta H2 y H3. Los resultados obtenidos de manera general coinciden con los de este autor.

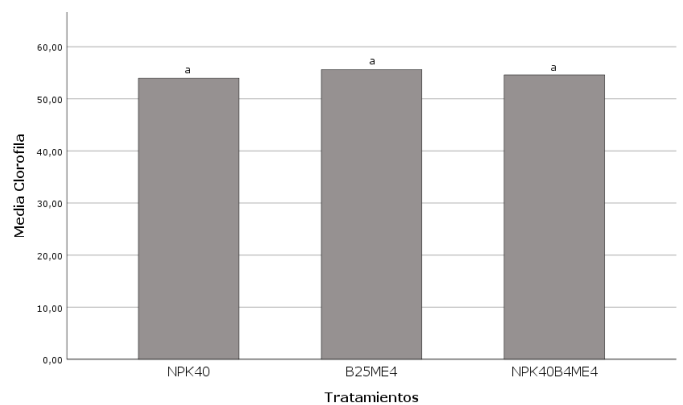


Figura 8. Diagrama de barras de la variable clorofila.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T2(B25ME4) que combina Biocarbón y Microorganismos eficientes demostró ser el mejor en las variables de crecimiento (fases fenológicas en el cultivar Williams), se apreciaron mejoras en las variables de altura de planta, número total de hojas hasta la presencia de la hoja Fn, emisión foliar y fuste.

Siendo el biocarbón quien contribuye a la actividad biológica en el suelo y permite que la materia orgánica pueda ser tomada por los microorganismos, quienes cumplen un papel fundamental en la descomposición de la misma, e incrementan la biomasa permitiendo a la planta la asimilación de nutrientes, estos efectos combinados tienen una reacción positiva mejorando la producción y los rendimientos en el cultivo de banano cultivar "Williams".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboboreira, M. (1994). Principales labores culturales del cultivo de banano. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90013518.pdf>
- Averos, G. (2022). Influencia de microorganismos eficientes en la producción del cultivo de banano (Musa AAA) en el Ecuador. (Examen complejo). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Cayon, D. (2001). Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (Musa AAB Simmonds). Infomusa, 14.
- Cuenca, J., Quevedo, J., Tuz, I., Chabla, J., & Vera, E. (2022). Trichoderma spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Revista Ciencia y Agricultura, 33.
- Ecuador. Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sector bananero Ecuatoriano. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-espa%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Holdridge, L. (1978). Ecología basada en zonas de vida. IICA.
- Kastner, R. (2014). Oro Negro: Biocarbón, una solución global para la conservación del suelo y la captura de carbono. <https://viaorganica.org/oro-negro-biocarbon-una-solucion-global-para-la-conservacion-del-suelo-y-la-captura-de-carbono/#top>
- León, L., Arcaya, M., Barbotó, N., & Bermeo, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las Exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. Revista Científica y Tecnológica UPSE, 7(2), 38-39.
- Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Martínez-Rojero, R. D., Rodríguez-Morán, N. L., Ariza-Flores, R., & Barrios-Ayala, A. (2008). Producción masiva de Trichoderma harzianum Rifai en diferentes sustratos orgánicos. Chapingo. Serie horticultura, 187.
- Niola Sornoza, J. C., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Noles León, M. J. (2021). Efectos de dos enmiendas edáficas sobre parámetros agronómicos de producción en banano (Musa X paradisiaca L.). Revista Científica Agroecosistemas, 9(3), 104-118.
- Orozco, R. (2017). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. Afese, 53, 167-182.
- Romero-Cortes, T., López-Pérez, P., Ramírez-Lepe, M., & Cuervo-Parra, J. (2015). Modelado cinético del micoparasitismo por Trichoderma harzianum contra Cladosporium cladosporioides aislados de frutos de cacao (Theobroma cacao). Chilean journal of Agricultural & Animal Sciences, 32(1), 33.
- Salcedo-Muñoz, V., Campuzano, J., Uriguen, P., & Plaza, J. (2021). Responsabilidad social empresarial en el sector bananero de la provincia de El Oro-Ecuador. Revista de Ciencias Sociales, 27(3), 394-403.
- Tenesaca Martínez, S., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa X Paradisiaca L.) Clon Williams. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 134-141.
- Torres, S. (2012). Guía practica para el mannejo de bananp orgánico en el valle de Chira. Biblioteca Nacional del Perú. https://rincondemaestros.com/wp-content/uploads/2018/12/manual_banano.pdf
- Tuz, I. (2018). Manejo integrado del cultivo de banano (Musa x paradisiaca) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.