



Respuesta del cultivo de banano a diferentes proporciones de microorganismos y biochar en dos texturas de suelo

Banana crop response to different proportions of microorganisms and biochar in two soil textures

Joseph Reyes-Pallazhco^{1,*}; Paul Leon-Cabrera¹; Salomón Barrezueta-Unda¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.

* Autor correspondiente: josephreyes6373@gmail.com (J. Reyes-Pallazhco).

ID ORCID de los autores

J. Reyes-Pallazhco:  <https://orcid.org/0000-0003-1304-9850>

P. Leon-Cabrera:  <https://orcid.org/0000-0001-6230-0875>

S. Barrezueta-Unda  <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

RESUMEN

El uso indiscriminado de químicos ha motivado a la realización de esta investigación. El objetivo fue comparar los efectos en el desarrollo de los hijos de sucesión de las plantas bajo un manejo de microorganismos y biochar en suelos de textura franco arenoso y franco arcilloso. La investigación se desarrolló en dos parcelas: la parcela uno con suelo de textura franco arenoso y la parcela dos con suelo de textura franco arcilloso. Se establecieron tres tratamientos y un testigo, se seleccionaron 20 plantas por cada uno, el testigo (T0): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 1 l de biocarbón enriquecido con *Trichoderma* spp, tratamiento 1 (T1): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 56 ml de *Paecilomyces* spp, tratamiento 2 (T2): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 102 ml de *Paecilomyces* spp; y el Tratamiento 3 (T3): 56 g de Micorriza arbuscular. El mayor valor en altura de la planta presentó la parcela uno (P1) con 3,22 m (T1), el diámetro de fuste de la planta presentó la P1 con 1,04 m (T1) y el diámetro del cormo en la parcela dos con 1,18 m (T2). Los resultados revelaron que los tratamientos tienen un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas de banano y la textura de los suelos si afectan en la absorción y efectos de los nutrientes aplicados.

Palabras clave: sostenibilidad; microorganismos en el suelo; fertilidad.

ABSTRACT

The indiscriminate use of chemicals has motivated this research. The objective was to compare the effects on the development of plant succession under microorganism and biochar management in sandy loam and clay loam textured soils. The research was carried out in two plots: plot one with sandy loam textured soil and plot two with clay loam textured soil. Three treatments and a control were established, 20 plants were selected for each one, the control (T0): 8 kg of silicon oxide at 75% + 1 l of biochar enriched with *Trichoderma* spp, treatment 1 (T1): 8 kg of 75% silicon oxide + 56 ml of *Paecilomyces* spp, treatment 2 (T2): 8 kg of 75% silicon oxide + 102 ml of *Paecilomyces* spp; and Treatment 3 (T3): 56 g of arbuscular Mycorrhiza. The highest value in plant height presented plot one (P1) with 3.22 m (T1), plant stem diameter presented P1 with 1.04 m (T1) and corm diameter in plot two with 1.18 m (T2). The results revealed that the treatments have a positive effect on the growth of the plants.

Keywords: sustainability; microorganisms in the soil; fertility.

Recibido: 18-02-2023.

Aceptado: 28-05-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La especie *Musa spp.*, también conocido como banano, es una planta herbácea de ciclo anual que se cultiva en zonas tropicales y subtropicales. Es la cuarta fruta más consumida a nivel mundial debido a su agradable sabor, y también es una fuente importante de potasio, calcio y fósforo. La alta demanda mundial de esta fruta ha llevado a un aumento en la producción de musáceas en Asia (54,1%), América (25,5%) y África (18,4%). El incremento de la exportación de banano puede ser muy importante para la economía de los países productores, ya que puede generar ingresos significativos a través del comercio internacional. Según González (2018), el banano es uno de los principales productos agrícolas exportados por varios países de América Latina, y su exportación contribuye significativamente a la economía de estos países, generando empleos y fomentando el desarrollo económico. En Ecuador, la principal actividad agrícola, es la producción de banano (Erazo et al., 2021), la superficie plantada aproximadamente es de 196.673 ha y la producción de 317.437.040 cajas de 19 kg (Herrera et al., 2021).

Con relación a la morfología del banano, su manejo es muy particular. Comienza con la sucesión de plantas, que es un proceso de selección de brotes nuevos que emergen del cormo, conocidos como hijos de sucesión. El cuidado de estos brotes es fundamental, ya que se desarrolla una nueva planta que se independiza de la planta madre una vez que inicia el proceso de fructificación. El manejo nutricional, también es complejo, las plantas toman los nutrientes del suelo a través del sistema radicular de tipo fasciculado, luego es transportado por el pseudotallo (tallo falso) a toda la planta.

La demanda de nutrientes de la planta de banano es alta y debido a la explotación excesiva de los suelos para satisfacer la creciente demanda mundial de esta fruta a corto plazo, los suelos perderán su fertilidad natural. Algunas de las razones detrás de esta sobreexplotación incluyen el uso excesivo de fertilizantes químicos, lo que puede tener un impacto negativo en la calidad del suelo, como la acidificación y la toxicidad para los microorganismos beneficiosos.

El banano también necesita de propiedades físicas del suelo muy específica para lograr un desarrollo óptimo (Rodríguez et al., 2020). Según Erazo (2019), la textura de los suelos se considera la principal propiedad física. El banano crece bien en suelos francos, francos arcillosos, franco arcillo arenosos; aunque también los suelos arcillosos pueden ser adecuados si tienen un buen sistema de drenaje. Por otro lado, los suelos franco-arenosos y franco-areno-limosos tienen una estructura pobre y suelen presentar limitaciones en cuanto a la fertilidad, el contenido de materia orgánica y la retención de agua.

En este aspecto la fertilización es uno de los aspectos de manejo más complejo. Pero hay varias alternativas de fertilización para el manejo del cultivo de banano por ejemplo los abonos orgánicos y los microorganismos eficientes del suelo. Estas alternativas pueden restituir la

dinámica biológica y la fertilidad de los suelos (Valverde et al., 2019). Por otra parte, la aplicación de abonos orgánicos disminuye el uso de fertilizantes químicos, incrementan la disponibilidad de nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo, regula el pH del suelo e incrementan la materia orgánica en el suelo (Azüero et al., 2020). La aplicación de enmiendas orgánicas surge como alternativa a los fertilizantes químicos garantiza un suministro de nutrientes, mejora la salinidad del suelo y la acidificación derivada de la aplicación excesiva de fertilizantes llenos de químicos (Wu et al., 2023).

Por otro lado, el uso de microorganismos eficiente en el suelo se encuentra dentro de una agricultura sostenible. Se utilizan para restablecer el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando así las propiedades físicas, químicas y biológicas. También incrementan la protección fitosanitaria y de la producción de los cultivos (Cruz et al., 2021). Según Zhang et al. (2023) los microorganismos del suelo son fundamentales para el mantenimiento de importantes servicios ecosistémicos, los ciclos biogeoquímicos globales de los nutrientes, la descomposición de la materia organizada, el ciclo de los nutrientes y la formación de agregados en el suelo.

Los principales microorganismos que se utilizan en suelos bananeros se encuentran: *Trichoderma spp* y *Paecilomyces spp*: hongos endoparásito que son antagonista de otros hongos en el suelo que incrementa el desarrollo radicular. *Bacillus spp.*, bacterias eficientes para el control de patógenos, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indolacético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno

Otra alternativa a los fertilizantes químicos surge la aplicación de biocarbón que es considerado un abono orgánico con alto contenido de carbono, lo que contribuye a mejorar la fertilidad. O también conocido como potenciador del suelo, es capaz de retener agua y nutrientes en el suelo. También se utiliza en otras aplicaciones como fuente de energía, adsorbente de contaminantes y de carbón (Zun Te et al., 2021) se produce mediante la descomposición termoquímica de la biomasa a través del proceso de pirólisis (Barrezueta et al., 2022), es decir, donde un material orgánico se descompone cuando son expuestos a altas temperaturas (calor) y en una atmósfera sin presencia de oxígeno (Marín et al., 2018). Se ha reportado que con la aplicación de la enmienda biocarbón hay positivos significativos en el crecimiento de las plantas debido a su capacidad para mejorar las propiedades físicas del suelo, el estado de los nutrientes, el pH y el contenido de materia orgánica del suelo (Wan et al., 2022).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo comparar los efectos en el desarrollo de las plantas de banano bajo un manejo de microorganismos y biocarbón en suelos de textura franco arenoso y franco arcilloso.

METODOLOGÍA

Descripción de la zona de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en dos parcelas de la provincia de El Oro: Parcela 1: Pasaje, Tres cerritos, sector Uzhaplaya con las siguientes coordenadas 3°19'02" S y 79°46'39" W; Parcela 2: Pasaje, sector Playón con las siguientes coordenadas 3°18'54" S y 79°49'07" W. Las características climatológicas y edafológicas son: Temperatura: 22 – 32 °C, Precipitación: 1200mm, Humedad relativa: 80% (Weatherspark, 2023). La parcela 1 con textura franco arenoso con plantas clon Cavendish gigante y la parcela 2 con textura franco arcilloso con plantas clon Filipino.

Diseño del experimento

Se realizó un diseño experimental con tres tratamientos (Tabla 1) y un testigo, se seleccionaron 20 unidades experimentales por tratamiento, con un total de 80 por cada parcela. el testigo (T0): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 1 l de biocarbón enriquecido con *Trichoderma* spp, Tratamiento 1 (T1): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 56 ml de *Paecilomyces* spp, Tratamiento 2 (T2): 8 kg de óxido de silicio al 75% + 102 ml de *Paecilomyces*

spp; y el Tratamiento 3 (T3): 56 g de Micorriza arbuscular, realizados por aplicación en las 20 plantas seleccionadas para cada tratamiento y en cada parcela.

Aplicación de los tratamientos

Se realizó una aplicación mensual iniciando el 30 de junio de 2022 con la primera aplicación y finalizando el 20 de octubre de 2022 con la quinta y última aplicación, la aplicación de biocarbón enriquecido con *Trichoderma* spp fue de 12,5 ml por planta, el óxido de silicio al 75% fue de 100 gramos por planta, la aplicación de *Paecilomyces* spp fue de 0,7 ml y 0,14 ml por planta de acuerdo con cada tratamiento realizado, la aplicación de micorriza arbuscular fue de 0,7 gramos por planta.

Variables en estudio

Las variables respuesta fueron. La altura de planta (Figura 1A), diámetro del pseudotallo o fuste (Figura 1B) y el diámetro del cormo desde el suelo a 2 cm (Figura 1C). Variables que se tomaron cada 28 días con ayuda de una cinta métrica.

Tabla 1

Tratamientos realizados

Tratamientos	Descripción	Dosificación por Planta
Testigo (T0)	8 kg de óxido de silicio al 75% + 1 L de biocarbón enriquecido con <i>Trichoderma</i> spp.	100 g de óxido de silicio al 75% + 12,5 ml de biocarbón enriquecido con <i>Trichoderma</i> spp.
Tratamiento 1 (T1)	8 kg de óxido de silicio al 75% + 56 ml de <i>Paecilomyces</i> spp.	100 g de óxido de silicio al 75% + 0,7 ml de <i>Paecilomyces</i> spp.
Tratamiento 2 (T2)	8 kg de óxido de silicio al 75% + 102 ml de <i>Paecilomyces</i> spp.	100 g de óxido de silicio al 75% + 1,4 ml de <i>Paecilomyces</i> spp.
Tratamiento 3 (T3)	56 g de micorriza arbuscular	0,7 g de micorriza arbuscular



Figura 1. A. Altura de la planta; B. Diámetro de fuste; C. Diámetro de cormo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con ayuda del software IBM SPSS Statistics se realizó un análisis ANOVA descriptivo para conocer la media de cada tratamiento y variable evaluada en ambas parcelas (Tabla 1). En la parcela uno con suelo de textura franco arenoso, en T1 se obtuvo la mayor media de altura de planta con media de 3,22 m, diámetro del fuste con 1,04 m y diámetro del cormo con 1,15 m, mientras que el tratamiento con biocarbon se obtuvo valores inferiores (altura de la planta con una media de 2.51m, fuste 0.58 m y diámetro del cormo 0.88 m), mientras, en la parcela dos se observan valores relativamente bajos en comparación con la parcela uno, tratamiento tres (T3) fue de mayor media en la altura de la planta con una con 2,85 m, mientras que con la aplicación del tratamiento dos (T2) se obtuvo mayores valores de media en el diámetro del fuste con 0,72 m y diámetro del cormo con 1,18 m, El tratamiento con el valor más bajo fue T0 con valores de mencionados anteriormente, del banano porque

permiten una mejor absorción de los elementos del suelo. Los microorganismos especialmente Paecilomyces lilacinus actúa en el suelo como un biocontrolador y demás mejora el desarrollo y crecimiento de la planta (Vargas et al., 2015). En la Figura 2 se observa el análisis estadístico de Duncan al 5%, donde la altura inicial (A y C) una vez aplicados los tratamientos en cada parcela, se realizó pruebas estadísticas Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela uno (A) ($p > 0,05$), por otro lado en la parcela dos (C) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), por consiguiente se muestra valores de altura mayores en la parcela uno y aplicados en todos los tratamientos, sin embargo con la aplicación del tratamiento dos (T2) presenta una altura mayor de 1,79 m y en la parcela dos con la aplicación del tratamiento tres (T3) presenta mayor altura con 1,59 m y menor altura con la aplicación del tratamiento testigo.

Tabla 1
Resumen descriptivo de las variables por tratamiento

Tratamiento		Parcela 1		
		Altura Planta	Fuste	Diámetro Cormo
T0	\bar{x}	2,51±0,13	0,58±0,03	0,88±0,03
	Min	2,3	0,54	0,83
	Max	2,79	0,62	0,94
T1	\bar{x}	3,22±0,11	1,04±0,04	1,15±0,05
	Min	2,99	0,96	1,07
	Max	3,42	1,11	1,25
T2	\bar{x}	2,7±0,13	0,8±0,04	0,98±0,04
	Min	2,49	0,71	0,91
	Max	2,99	0,87	1,05
T3	\bar{x}	3,02±0,07	0,86±0,04	1,04±0,03
	Min	2,87	0,78	0,99
	Max	3,17	0,93	1,11
Tratamiento		Parcela 2		
		Altura Planta	Fuste	Diámetro Cormo
T0	\bar{x}	2,73±0,5	0,66±0,06	1,13±0,09
	Min	2,05	0,56	1,01
	Max	3,42	0,73	1,28
T1	\bar{x}	2,66±0,47	0,63±0,06	1,13±0,1
	Min	2,03	0,55	0,92
	Max	3,62	0,73	1,28
T2	\bar{x}	2,82±0,52	0,72±0,04	1,18±0,08
	Min	2,05	0,66	1,02
	Max	3,48	0,8	1,29
T3	\bar{x}	2,85±0,32	0,63±0,07	1,110,09
	Min	2,22	0,55	0,92
	Max	3,42	0,73	1,28

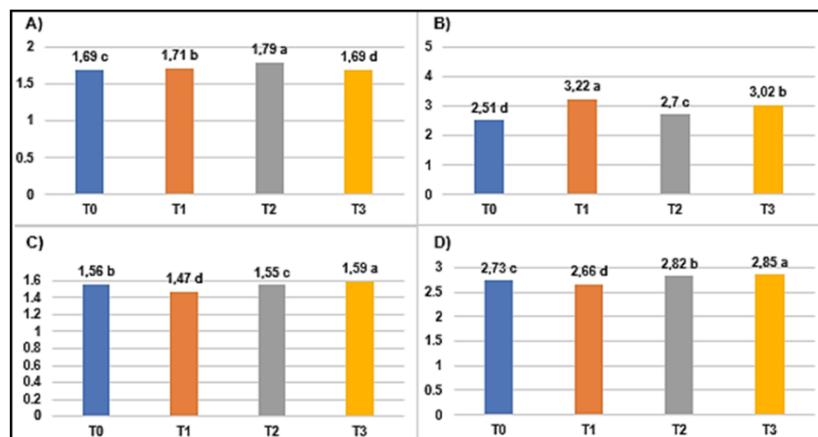


Figura 2. A. Altura de planta en fase inicial de parcela uno., B. Altura de planta en fase Final de parcela uno., C. Altura de planta en fase inicial de parcela dos., D. Altura de planta en fase final de parcela dos. (Letras iguales no indican diferencia).

Por otra parte, en la altura final de la planta se realizó pruebas estadísticas Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela dos (D) ($p > 0,05$), sin embargo, en la parcela uno (B) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), el tratamiento uno (T1) al ser aplicado en la parcela uno presenta una buena respuesta con una altura media de 3,22 m pero, el mismo tratamiento en la parcela dos se observa un valor relativamente bajo con 2,66 m por lo tanto la textura de los suelos si influye en el crecimiento de las plantas de banano, pero, los cuidados y los tratamiento también influyen por lo que el T0 en la misma parcela presenta la menor altura de todos los tratamiento con 2,51 m., cabe recalcar que estos datos fueron tomados al final de la investigación.

En este contexto Aldana et al. (2020) manifiestan en su investigación que el cultivar Filipino alcanza una altura promedio de 3,06 m, por cuanto se obtienen valores aproximados a la investigación, sin embargo, puede verse afectado por otros factores incluidos los no controlables en la zona.

En la Figura 3 se observa el análisis estadístico Duncan al 5%, la variable diámetro del fuste inicial, se realizaron pruebas estadísticas Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela uno (A) ($p > 0,05$), por otro lado en la parcela dos (C) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), en la parcela uno (A) de textura franco arenoso, con la aplicación de los tratamientos uno y tres con 0,18 m en ambos, sin embargo con la aplicación del tratamiento testigo (T0) presenta el menor diámetro con 0,13 m mientras que en la parcela dos (C), este último presenta el mayor diámetro con 0,17 m y con la aplicación del tratamiento dos (T2) el menor diámetro con 0,14 m. Por lo tanto, además de relativamente influir la textura, los tratamientos cumplen por su parte también papel fundamental por lo que demuestra que no solo influye la textura de los suelos sino los tratamientos y cuidados que se lleven en la plantación.

En la fase final, el diámetro del fuste presentó valores similares, se realizaron pruebas estadísticas Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela uno (C) ($p >$

0,05), por otro lado en la parcela dos (D) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), se observa en que en la parcela uno con la aplicación del tratamiento uno (T1) se obtiene el mayor diámetro de todos los tratamientos con 1,04 m, sin embargo se manifiesta diferente con el tratamiento T0 donde se obtiene el menor diámetro de fuste de todos los tratamientos con 0,58 m, por otro lado, en la parcela dos (D) el comportamiento del diámetro del fuste es diferente, se observan valores por debajo de un metro y el mayor diámetro se obtiene con la aplicación del tratamiento dos (T2) con 0,72 m, por lo tanto la textura del suelo influye drásticamente en el desarrollo del diámetro del fuste.

En la investigación de Monge et al. (2022) el diámetro del fuste inicial fue de 0,12 m y en el transcurso de cinco semanas llegó a desarrollarse hasta 0,64 m por tanto presenta un desarrollo de 0,52 m en ese tiempo, por lo que coincidimos con sus resultados obtenidos, en la parcela uno llegando en el tratamiento uno (T1) a desarrollarse hasta 0,86 m y en el peor de los casos en el testigo (T0) hasta 0,45 m, en la parcela dos con la aplicación del tratamiento dos (T2) con un desarrollo de 0,57 m y los valores más bajos se presentaron en los tratamientos uno y tres (T1 y T3) con un desarrollo de hasta 0,47 m en el transcurso de cinco semanas.

En la Figura 4 se presenta el análisis estadístico Duncan al 5%, fase inicial y final del diámetro del cormo inicial, se realizó pruebas estadísticas Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela uno (A) ($p > 0,05$), por otro lado en la parcela dos (C) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), sin embargo, en la parcela uno se observan diámetros del cormo relativamente bajos, el diámetro sobresaliente es al ser aplicado el tratamiento uno (T1) con 0,25 m pero al ser aplicado el tratamiento dos (T2) presenta un diámetro inferior con 0,13 m, consecuentemente en la parcela dos el tratamiento dos (T2) es el que mayor diámetro del cormo presenta con 0,46 m, diámetro superior en todos los tratamientos, por lo cual, tanto la textura de suelo como los tratamientos influyen en el diámetro del cormo.

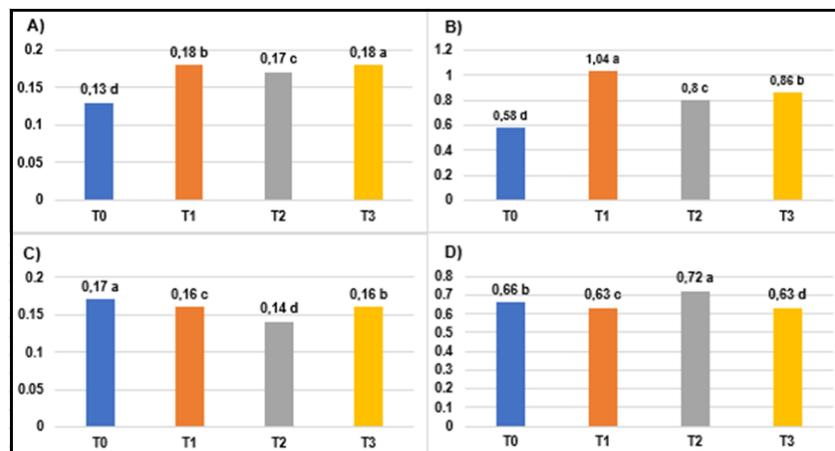


Figura 3. A. Diámetro de fuste en fase inicial de parcela uno., B. Diámetro de fuste en fase final de parcela uno., C. Diámetro de fuste en fase inicial de parcela dos., D. Diámetro de fuste en fase final de parcela dos. (Letras iguales no indican diferencia).

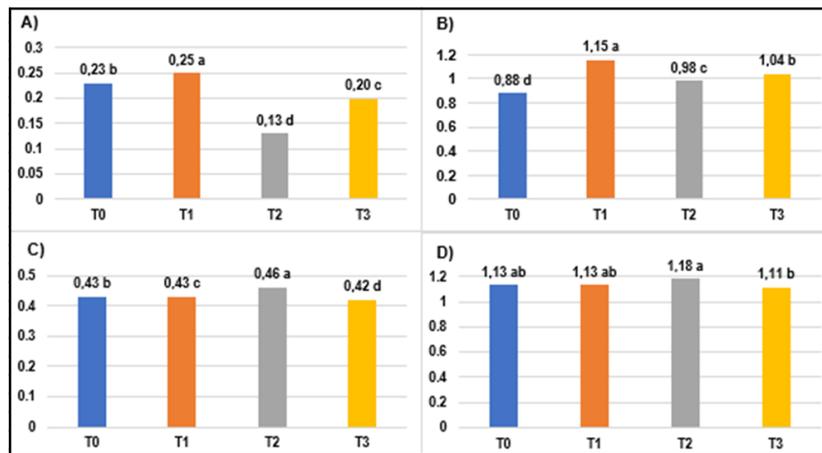


Figura 4. A. Diámetro de cormo en fase inicial de parcela uno., B. Diámetro de cormo en fase inicial de parcela dos., C. Diámetro de cormo en fase final de parcela uno., D. Diámetro de cormo en fase final de parcela dos. (Letras iguales no indican diferencia).

En relación con lo anterior, Espinosa et al. (2022) manifiestan en su investigación que el tamaño del cormo de banano se ve estrechamente afectado por la cantidad de nutrientes adicionales que se aplican, así como los factores no controlables. Se observan los resultados de la prueba estadística Duncan al 5% de significancia, no se observan diferencias significativas en la parcela uno (B) ($p > 0,05$), por otro lado en la parcela dos (D) tampoco presenta diferencia significativa ($p > 0,05$), sin

embargo, la aplicación del tratamiento uno (T1) en la parcela uno, presenta el mayor diámetro con 1,15 m, seguido de tratamiento tres (T3) con 1,04 m, tratamiento dos (T2) con 0,98 m y finalmente testigo (T0) con 0,88 m, por otro lado en la parcela dos con la aplicación del tratamiento dos (T2) se obtiene el mayor diámetro con 1,18 m, seguido de los tratamientos testigo y uno (T0 y T1) con 1,13 m respectivamente, finalmente el tratamiento tres (T3) con 1,11m.

CONCLUSIONES

La textura de los suelos influye en los tratamientos realizados ya que el suelo de textura franco arenoso obtuvo mejor respuesta ante los tratamientos implementados. El suelo de textura franco arcilloso obtuvo menores valores ante los tratamientos realizados. El biocarbon pese a ser un excelente enmienda edáfica y rico en carbono, así como la

micorriza (micelio), no se obtuvieron valores significativos en las mediciones de las variables planteadas. Los microorganismos de *Paecilomyces* spp. obtuvieron buenos resultados y diferencias significativas, por lo tanto, hacer aplicaciones de estos hongos favorecen al crecimiento y desarrollo en las plantas de banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Ancota, R., Arevalo-Quinde, C., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256. doi:https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.028
- Aldana Leyva, F., Fernández Martínez, O., García Águila, L., Sarría, Z., & Hurtado Ribalta, O. (2020). Respuesta agronómica de plantas de banano cultivar 'FHIA17' (Musa AAAA) obtenidas por cultivo de tejidos y por propagación agámica. *Biotecnología Vegetal*, 20(2), 83 - 91.
- Azuero Gaona, B., Quevedo Guerrero, J., & García Batista, R. (2020). Efecto del biocarbón y microorganismos en la producción y estado fitosanitario de banano orgánico en la parroquia "La Victoria". *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 110-120.
- Barrezueta Unda, S., Condoy Gorotiza, A., & Sanchez Pilcorema, S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (Musa AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, 13(3), 29-44. doi:https://doi.org/10.29019/enfoqueute.81
- Cruz Cárdenas, C., Zelaya Molina, L., Sandoval Cancino, G., De los Santos Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I., & Ruíz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5).
- Erazo Berrú, M., Prado Carpio, E., Cervantes Álava, A., & Vite Cevallos, H. (2021). Análisis de regulación del precio de la caja de banano en Ecuador período 2015- 2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 2010-217.
- Erazo Chinchay, J. (2019). "Influencia de la pendiente y textura del suelo en el stock de carbono en coberturas boscosas, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas". Perú.
- Espinosa González, J., Bustamante González, A., & Cedeño García, G. (2022). Efectos del tamaño de cormo y bencilaminopurina sobre la proliferación del plátano en dos ambientes de propagación. *Ciencia y Agricultura*, 19(1), 45-60. doi:https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13905
- Gonzalez, A. (2018). El comercio del banano en América Latina: un análisis de las políticas públicas y su impacto económico y social. *Revista Científica de Administración*, 7(2), 91-103.
- Herrera Freire, A., Herrera Freire, A., & Chavez Cruz, G. (2021). Nic 41 y su incidencia en el precio por caja de banano ecuatoriano, período 2019-2020. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 100-109.
- Marín Armijos, J., García Batista, R., & Barrezueta Unda, S. (2018). Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(3), 75-81.
- Monge Freile, M., Santana Alvarado, W., & Álvarez Sánchez, A. (2022). Efecto del riego deficitario por aspersión sobre el comportamiento biofísico de la etapa vegetativa del cultivo de banano (Musa paradisiaca) variedad William. *EasyChair*, 15(2), 28-38.

- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H., García Batista, R., & Quezada Mosquera, A. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398.
- Valverde Fonseca, L., García Batista, R., Moreno Herrera, A., & Socorro Castro, A. (2019). Alternativas nutricionales eficientes en banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 151-159.
- Vargas Céspedes, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Ficha técnica del cultivo de Banano. Costa Rica.
- Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., & Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematocida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61-76.
- Wan, Y., Devereux, R., George, E., Chen, J., Gao, B., Noerpel, M., & Schecke, K. (2022). Interactive effects of biochar amendment and lead toxicity on soil microbial community. *Journal of Hazardous Materials*, 425(1), 1-36. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127921>
- Weatherspark. (2023). Weather Spark. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19337/Clima-promedio-en-Pasaje-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wu, Q., Zhang, J., Liu, X., Chang, T. W., Shaghaleh, H., & Alhaj Hamoud, Y. (2023). Effects of biochar and vermicompost on microorganisms and enzymatic activities in greenhouse soil. *Frontiers in Environmental Science*, 10(1), 1-13. doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1060277>
- Yáñez Bustamante, W., Quevedo Guerrero, J., García Batista, R., Herrera Reyes, S., & Luna Romero, A. (2020). Determinación de la relación carga química grados Brix en hojas y frutos de banano clon Williams (Musa x paradisiaca). *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 421-430.
- Zhang, M., Xia, H., Riaz, M., Liu, Bo, Desouki, Z., & Jiang, C. (2023). Various beneficial microorganisms colonizing on the surface of biochar primarily originated from the storage environment rather than soil environment. *Applied Soil Ecology*, 182(1), 1-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104700>
- Zun Te, W., Manor Muhanin, K., Yu-Ming, C., Selvarajoo, A., Ajit, S., Forruque Ahmed, S., . . . Loke Show, P. (2021). Optimization of Pyrolysis Parameters for Production of Biochar From Banana Peels: Evaluation of Biochar Application on the Growth of *Ipomoea aquatica*. *Frontiers in Energy Research*, 8(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.637846>