

EVALUACIÓN EN DOS FASES FENOLÓGICAS DEL BANANO GROS MICHEL BAJO DOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EDÁFICA

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF GROS MICHEL BANANA UNDER TWO EDAPHIC FERTILIZATION SYSTEMS

Yelixa Leonela Condoy Campuzano¹

E-mail: ycondoy2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3846-4922>

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>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Condoy Campuzano, Y. L., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Evaluación en dos fases fenológicas del banano Gros Michel bajo dos sistemas de fertilización edáfica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 91-99. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El cultivo de banano es producido en zonas tropicales y sus requerimientos nutricionales son necesarios durante sus etapas fenológicas para impulsar su desarrollo y crecimiento. Los productores bananeros se inclinan hacia el uso de fertilizantes químicos con el fin de alcanzar un alto rendimiento en producción generando ingresos. Este estudio fue orientado al análisis del comportamiento agronómico de la variedad de banano Gros Michel bajo fertilización química y orgánica. Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar con dos tratamientos y quince repeticiones: T1= 200g de microorganismos eficientes en sólido + 5 g de Biochar; T2= 40 g de Urea + 4 g de Biochar. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, emisión foliar, diámetro de fuste, número de hojas a los 271 días, área foliar, número de hojas emitidas hasta los 271 días totales, pérdida de hojas diarias de agosto a enero, raíces sanas, raíces enfermas, pH en agua destilada, pH en solución KCl y conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de 200 gramos de microorganismos eficientes + 5 gramos de Biochar incide en la mayoría de parámetros agronómicos como el tratamiento con mejor respuesta en el cultivo.

Palabras clave:

Comportamiento, microorganismos, fertilización, biochar.

ABSTRACT

Banana cultivation is produced in tropical areas and its nutritional requirements are necessary during its phenological stages to promote its development and growth. Banana producers are inclined towards the use of chemical fertilizers in order to achieve a high yield in production generating income. This study was oriented to the analysis of the agronomic behavior of the Gros Michel banana variety under chemical and organic fertilization. A completely randomized block experimental design was applied with two treatments and fifteen repetitions: T1= 200g of efficient solid microorganisms + 5g of Biochar; T2= 40 g of Urea + 4 g of Biochar. The evaluated variables were: plant height, leaf emission, stem diameter, number of leaves at 271 days, leaf area, total number of leaves emitted up to 271 days, loss of daily leaves from August to January, healthy roots, diseased roots, pH in distilled water, pH in KCl solution and electrical conductivity. The results obtained indicated that the application of 200 grams of efficient microorganisms + 5 grams of Biochar affects the majority of agronomic parameters as the treatment with the best response in the crop.

Keywords:

Behavior, microorganisms, fertilization, biochar.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa x paradisiaca*, L) es una de las frutas más apetecidas con un importante valor nutricional gracias a las vitaminas que provee y las distintas maneras de ser consumida, por estas razones es uno de los productos con mayor comercialización contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población a nivel mundial.

En Ecuador el cultivo de banano es de gran potencial e importancia económica siendo un rubro de exportación trascendente convirtiéndose en uno de los principales países exportadores en calidad del producto, cuenta aproximadamente con 218000 hectáreas y en producción promedio de 1600 a 2200 cajas por hectárea al año aportando considerablemente a la economía del país nacional. De igual forma, esta actividad agrícola es una fuente sustancial de empleo en muchas zonas del país generando ingresos para la población (Burgo et al., 2019).

El país cuenta con grandes extensiones de plantaciones bananeras y a pesar de ser mayor exportador de banano, su producción es inferior a comparación de Colombia, Filipinas, Guatemala y Costa Rica (Acaro et al., 2021), de forma que el territorio nacional representa el 30% del mercado mundial luego esta Filipinas, Colombia y Costa Rica (Andrade et al., 2020).

De acuerdo a lo expuesto por León et al., (2020) las zonas con mayor producción de banano en el país son Los Ríos, Guayas, Esmeraldas y El Oro, donde la mayoría de los casos en esta última provincia las plantaciones bananeras pertenecen a pequeños y medianos productores los cuales rara vez cuentan con un establecimiento estandarizado a comparación de las otras provincias con grandes productores bananeros. Sin embargo, no ha sido impedimento para producir fruta de calidad debido a condiciones edafoclimáticas favorables que poseen para dicho cultivo.

El nitrógeno es el responsable del crecimiento de las plantas, de igual contribuye al desarrollo del sistema radicular, por lo tanto, es uno de los macronutrientes de mayor absorción. No es suficiente con las cantidades existentes en el suelo ya se de forma orgánica o mineral, debido a que se debe complementar con fertilizantes sintéticos, mencionando que estos tienden a ser volátiles ocasionando pérdidas a los productores. La aplicación en conjunto de biocarbon y urea reduciría estas pérdidas por la moderación de la mineralización de nitrógeno y que se encuentre disponible en el suelo por más tiempo y así obtener plantas vigorosas (Macas, 2021).

Se indica la existencia de dos bananos comerciales, banano variedad Gros Michel (*Musa AAA*) y Variedad Cavendish (Reynoso, 2019). El banano variedad Gros Michel es un banano criollo que resultó ser susceptible a enfermedades como *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, dicho hongo habita en el suelo afectando en su mayoría a musáceas siendo Gros Michel el más perjudicado (López & Castaño, 2019).

Los productores se vieron obligados a reemplazar por el cultivar Cavendish el cual es resistente al hongo, siendo el banano de mayor exportación en el comercio mundial. Actualmente el banano Gros Michel o guineo seda se lo encuentra en parcelas de pequeños productores y en patios de casa para consumo interno o con valor comercial en mercados pequeños (Carr et al., 2017).

El banano Gros Michel fue una de las primeras variedades comerciales gracias a sus agradables cualidades organolépticas, su adaptabilidad conlleva a que se continúe cultivando en nuestras zonas de forma orgánica, aunque a menor escala, pero siendo una fruta de alta calidad ideal para su consumo con la perspectiva de que vuelva a ser rentable y exportable en el sector productivo (Jiménez, 2006).

Tradicionalmente la industria bananera se ha basado en el uso desmedido de agroquímicos con el fin de producir un rendimiento mayor en la cosecha de la fruta y obtener ganancias. De acuerdo a lo expuesto por Tuz, (2018) el mercado internacional demanda banano de calidad con una fertilización orgánica, baja en productos químicos ya que el uso de estos altera las condiciones del suelo provocando su degradación, así como la alteración de la microfauna y microflora, importantes para la conservación de la materia orgánica donde se desarrollan las plantas.

En este marco, implementar una agricultura orgánica se convierte en un desafío, pero es lo que se está tratando de llevar a cabo. En base a lo que menciona Valverde et al., (2019) los fertilizantes orgánicos contribuyen a manejar plantaciones sustentables promoviendo el uso de abonos orgánicos consiguiendo aportar al suelo mejores condiciones físicas incrementando su fertilidad, así como aumentar la actividad microbiológica. De esta manera fomenta alternativas nutricionales y a la vez amigables para el sector bananero.

En base a estos argumentos el objetivo del presente estudio fue analizar el comportamiento agronómico de la variedad de banano Gros Michel bajo fertilización química y orgánica de forma edáfica en la etapa vegetativa y reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las áreas de la granja experimental Santa Inés perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

El área de estudio se encuentra en la ubicación de coordenadas geográficas 3°17'30" S; 79°54'51" W, donde según GAD Municipal de Machala (2016) la zona posee una temperatura promedio anual de 25°C y precipitación entre 250-1000 mm correspondiente a dos tipos de climas tropicales: megatérmico seco y megatérmico semiárido.

El material vegetal utilizado fueron 30 plantas obtenidas de corchitos de banano de la variedad Gros Michel, establecidas en un área total de 156 m² y distribuidas en

dos bloques de 15 plantas cada uno donde cada bloque representa un tratamiento con sus respectivas repeticiones. El estudio fue de bloques completamente al azar, con dos tratamientos y 15 repeticiones (tabla 1). El trabajo de campo se realizó desde abril de 2022 hasta enero de 2023.

La tabla 1 muestra los dos tratamientos establecidos, en ambos se empleó diferentes dosis de fertilizante orgánico y químico los cuales fueron aplicados de forma edáfica a cada unidad muestral bajo un entorno experimental homogéneo.

Tabla 1. Tratamientos y descripción de sus dosis

Tratamientos	Descripción de dosis por planta
T1 (ME200+Biochar5)	200 gr de microorganismo benéficos (en solido) + 5 gr de biochar
T2 (Urea40+Biochar4)	40 gr Urea + 4 gr de biochar

Captura y preparación de microorganismos eficientes (ME) en sólido

Se empleó el modelo usado por Quevedo et al., (2019) como trampa para la captura y reproducción de microorganismos. El arroz cocinado únicamente con agua se dejó enfriar y se colocó en vasos, luego se los selló con medias nylon de forma que los microorganismos sean capturados en esa parte, y se los distribuyó dentro del área experimental Santa Inés en espacios libre de la aplicación de agroquímicos, lo que se muestra en la Figura 1 (A, B).

A. Llenado de arroz en vasos y sellado B. Colocación de trampas en áreas de la granja Santa Inés.

Figura 1. Trampas para la captura de microorganismos

Luego de 6-7 días las trampas en campo se procedió a retirarlas y con guantes se fue seleccionando los microorganismos eficientes para la planta. Cabe mencionar que se recolectó hojarasca descompuesta de cacao y bosque, afrecho de trigo en proporciones iguales y a esto se le mezcló los ME recolectados para su posterior multiplicación en una solución de melaza, posterior a eso se deja en reposo por 30 días en un tacho bien tapado.

Se utilizó biochar de cascaras de cacao ya obtenido entonces solo se procedió a triturar para su posterior pesaje y aplicación a tratamientos (Figura 2). El biochar proporciona al suelo beneficios como mejorar sus condiciones en cuanto a fertilidad y retención de nutrientes entre los más sobresalientes, así como estimular el crecimiento radicular.



Figura 2. Biochar de cascaras de cacao ya triturado

Mezcla y aplicación de los tratamientos en la planta.

Una vez obtenido los microorganismos ya multiplicados y el biochar molido, se realizó pesaje de 200 g de microorganismos eficientes y 5g de Biochar para el tratamiento 1, 40g de Urea más 4g de Biochar para el tratamiento 2 se procedió a una mezcla homogénea en cada tratamiento Figura 3 (A, B, C). Antes de cada aplicación se realizó la labor de riego a capacidad de campo para ambos tratamientos.



A

B



A. ME200+5Biochar

B. Urea40+Biochar4

C. Aplicación de Tratamientos

Figura 3. Pesaje de cada uno de los tratamientos y respectiva aplicación

Como una técnica de ayuda para mantener la humedad del suelo se colocó mulch de origen vegetal alrededor de cada planta, el cual se lo hacía a un lado antes de cada aplicación de tratamiento y se volvía cubrir. El tiempo de aplicación de los tratamientos fue mensual y de forma edáfica.

En el transcurso de este trabajo se realizaron labores culturales como:

Control de arvenses: dicha labor se realizó con herramientas de manera manual cada 15 días.

Riego: se regaba 5 días a la semana puesto que fue de forma manual y con la ayuda de un balde tomando agua del canal.

Deshoje: la actividad se realizó cada semana y consistió en eliminar hojas bajas enfermas con la presencia de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) con el fin de evitar que se disemine a las demás hojas y mantener la fitosanidad.

Deshije: con la ayuda de un palín se eliminó hijos de agua o hijos mal posicionados, dejando solo uno el de mejor ubicación. Al final de la extracción de los hijos se tapa los orificios para evitar el ingreso de plagas o enfermedades.

Deschante: esta actividad se realiza en el pseudotallo y consiste en eliminar vainas secas de la planta para evitar que se hospeden plagas.

Enfunde: esta actividad se realizó cuando la bellota ha emergido sin que comience abrir el racimo con el fin de proteger el fruto de los insectos. Luego de un tiempo prudente se realizó el deschive.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron las siguientes: emisión foliar, altura de la planta, diámetro de fuste, área foliar, porcentaje de raíces sanas y porcentaje de raíces enfermas, pH del suelo, conductividad eléctrica, número de hojas, número de hojas emitidas totales de agosto a enero y pérdida de hojas diaria de agosto a enero. Las tres primeras variables fueron contabilizadas semanalmente.

Altura de la planta (HP): variable medida con flexómetro en cm cada semana desde la base del pseudotallo hasta el área foliar donde se forma la última V con la hoja bandera.

Emisión foliar (EF): esta variable fue tomada una vez por semana contabilizando el número totales contando el estadio de la hoja bandera.

Diámetro de fuste (DF): con una cinta métrica a una altura de 1,20m se midió el diámetro de cada planta una vez por semana.

Número de hojas a los 271 días (NH271D): se refiere al número de hojas que existen en las plantas hasta los 271 días de ensayo.

Área foliar (AFm2): fue medida con la ayuda de cintas métricas adheridas a un tubo polietileno debido que las hojas excedían el largo 1,50m. Se midió desde la base del peciolo hasta la punta de la hoja. Variable tomada una solo vez casi al final del ensayo (m²).

Número de hojas emitidas a los 271 días totales (NHE271T): hace referencia al número total de hojas emitidas en los últimos 271 días del experimento desde agosto a enero.

Perdida de hojas diaria de agosto a enero (PHDAE): esta variable se refiere a la pérdida de hojas diarias desde el mes de agosto a enero.

Raíces sanas (RSN): a 15cm diagonal al pseudotallo se tomó una muestra de raíces, se las lavo y se separó las raíces sanas para luego pesarlas y expresar el valor en porcentaje (%).

Raíces enfermas (RENF): se extrajo muestra de raíces 15cm diagonal al pseudotallo, se lavó y separo raíces enfermas para luego pesarlas y expresar el resultado en porcentaje (%).

pH en agua (pHA) y pH en KCl (pHKCl): estas variables fueron tomadas en laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se recolectó 10 muestras de suelo al azar por tratamiento, se pesó 10 g de cada muestra en un vaso y se aforo con agua destilada para pHA y en solución de KCl para pHKCl y se midió con la ayuda de un potenciómetro.

Conductividad eléctrica (CE/Sm): esta variable fue obtenida en el laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se tomó 10 muestra de suelo al azar de cada tratamiento, se pesó 10 g de cada una en un vaso y se analizó cada en agua destilada.

Procedimiento estadístico

En la evaluación de datos se efectuó en ANOVA para determinar si existe diferencias significativas con valor ($p < 0,05$) entre los tratamientos para cada una de las variables de estudio, dicho proceso se realizó mediante el programa estadístico IBM SPSS statistics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se detallan en la tabla 2, muestran que la variable pH en agua (pHA) y RENF evidenciaron diferencia significativa mientras que las variables HP, EF, DF, NH271D, AFm2, NHE271T, PHDAE, RSN, pHKCl, CEmS no presentan esta diferencia estadística debido que expresan un nivel mayor a $p = 0,05$ según el análisis estadístico.

Tabla 2. Resultados del ANOVA de las variables de crecimiento evaluadas

Tratamientos	HP	EF	DF	NH271D	AFm2	NHE271T	PHDAE	RSN	RENF	pHA	pHKCl	CEms
T1(ME+Biochar)	204,82	0,73	34,22	8,67	8,50	15,08	0,05	68,59	31,41	6,54	5,57	0,29
T2(Urea+Biochar)	213,71	0,71	34,51	9,20	9,74	15,05	0,04	69,97	30,84	7,07	5,90	0,26
F	,154	,534	,13	1,00	1,739	,003	,331	,055	,920	5,15	1,66	,434
Sig. (0,05)	,697	,471	,910	,326	,198	,959	,570	,821	,011	,036	,213	,518

Altura de la planta

Los resultados del análisis estadístico no presentaron diferencias significativas para esta variable, señalando que en ME200+Biochar5 ocurrió mayor variabilidad en altura de planta, existiendo valores superiores a la media de 204,82 cm, mientras que Urea40+Biochar4 se evidenció uniformidad con una media de 213,71 cm (Figura 4) siendo este el tratamiento con mejor respuesta en el cultivo. Estos resultados concuerdan con lo que detalla Finol et al., (2004) que plantea que el nitrógeno contribuye al crecimiento y desarrollo en las plantas.

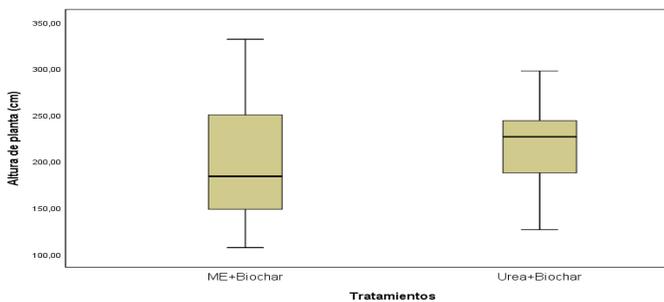


Figura 4. Diagrama de cajas de la variable altura de planta

Emisión Foliar

El análisis estadístico de emisión foliar reflejó que el tratamiento de ME200+Biochar5 contiene valores variados con una media de 0,73 h/s (Figura 5), en el caso de Urea40+Biochar4 la emisión de hojas se encontró dentro de rangos semejante y con valores atípicos superiores a la media de 0,71 h/s, lo que indica que la aplicación del tratamiento ME200+Biochar5 tuvo mejor efecto, aunque no se evidenció diferencias significativas debido a que sus valores son cercanos. Autores como Barrezueta et al., (2022) demuestran que existe valores similares entre el rango de 0,6 a 0,8 hojas bajo la aplicación de biochar a banano, siendo las hojas las responsables del llenado del fruto.

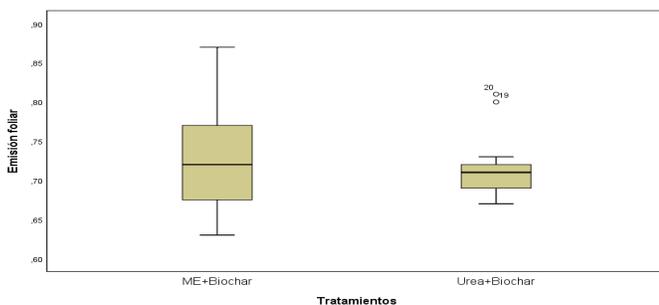


Figura 5. Diagrama de cajas de la variable emisión foliar

Diámetro de fuste

Para la variable de estudio diámetro de fuste no existió diferencias significativas (Figura 6) muestra que el tratamiento ME200+Biochar5 presentó una media de 34,22 cm, así como el tratamiento Urea40+Biochar4 con una media de 34,51 cm, pese a que existe valores atípicos fuera de la media y similitudes estadísticas; la combinación de Urea40+Biochar4 incide en el diámetro de fuste mostrando homogeneidad. Estos resultados fueron bajos en comparación a los obtenidos por Barrezueta, Condoy, et al., (2022) quienes aseguran que la aplicación de biochar incrementa el diámetro del fuste del banano.

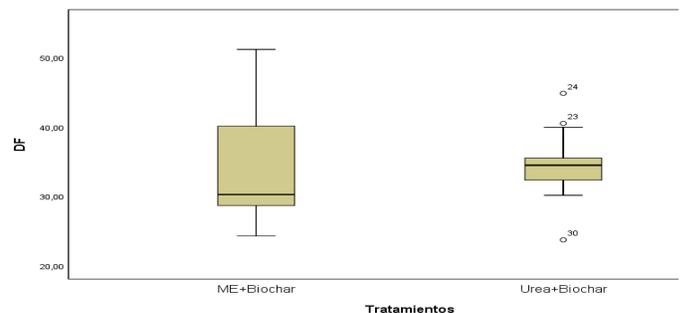


Figura 6. Diagrama de cajas y bigotes de la variable diámetro de fuste (DF)

Número de hojas a los 271 días

El número de hojas que existió en la planta hasta los 271 días (Figura 7), indica que el resultado del tratamiento Urea40+Biochar4 es singular en vista de que los valores no se concentran, la cantidad de hojas es heterogénea y con valores superiores e inferiores a la media estimada de 9,20 hojas, mencionando que no manifestó diferencias significativas, el tratamiento ME200+Biochar5 pese tener una media menor de 8,67 hojas es el tratamiento que mejor se comporta debido a la distribución de hojas que se presentan. Estos valores son superiores en relación a los datos obtenidos por Tuz (2018) quien manifiesta que la aplicación de biochar incide al incremento de hojas funcionales.

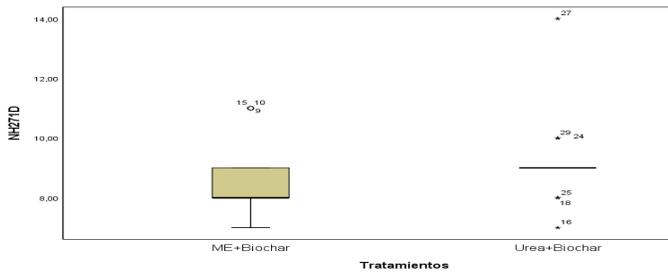


Figura 7. Diagrama de cajas y bigotes número de hojas a los 271 días

Área foliar en m²

Estadísticamente en esta variable no existió diferencias significativas, se aprecia variabilidad en el tratamiento ME200+Biochar5 con una media de 8,50 m² junto a un valor máximo de hasta 13m², destacando el tratamiento Urea40+Biochar4 que señala similitud entre sus valores con media de 9,74 m² (Figura 8). La Urea influyó en esta variable debido a su alto contenido de Nitrógeno (N), tal y como lo revelan Cervantes et al., (2020) en su investigación, la aplicación de N aporta una mayor área foliar en el desarrollo de la planta de banano para mejores procesos fisiológicos.

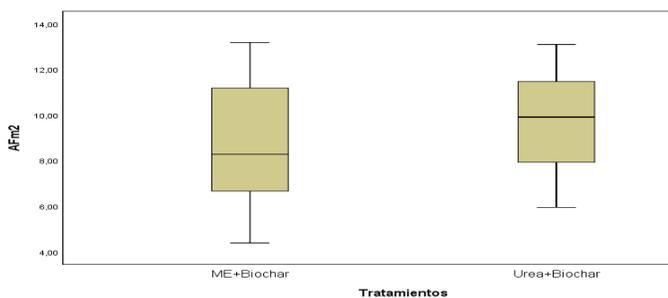


Figura 8. Diagrama de cajas y bigotes de la variable área foliar en m²

Número de hojas emitidas hasta los 271 días totales (NHE271T)

El número de hojas emitidas en el lapso del mes de agosto a enero indicó que la combinación de ME200+Biochar5 obtuvo valores superiores a la media de 15,08 (Figura 9) por otro lado está el tratamiento Urea40+Biochar4 el cual señala datos homogéneos con un promedio de 15,05 lo que declara una leve diferencia entre tratamientos descartando la existencia de diferencias significativas. No obstante, resultados de ME200+Biochar5 demuestran que es mejor para esta variable por el máximo dato de hojas que se llegó a emitir. La aplicación de ME+Biochar influye en el incremento de hojas sin uso alguno de químico (Tuz, 2018).

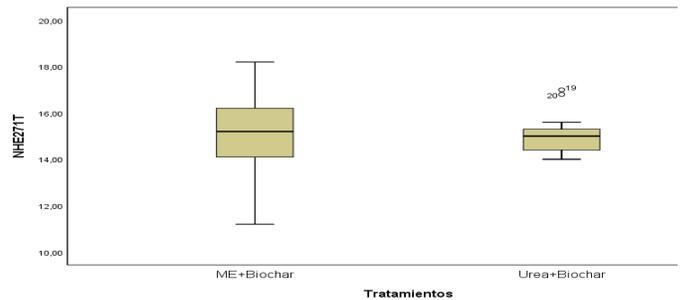


Figura 9. Diagrama de cajas de la variable número de hojas totales emitidas a los 271 días

Pérdida de hoja diaria desde agosto a enero

Las hojas diarias pérdidas desde el mes de agosto a enero (Figura 10), revela una media de 0,05 en el tratamiento ME200+Biochar5 perdiendo inclusive hasta 0,7 hojas por día en tanto que el tratamiento Urea40+Biochar4 con una media de 0,04 alcanzó una pérdida máxima de 0,6 hojas por día, aún con un valor atípico, ocurre mejor fitosanidad resultando ser una combinación idónea para reducir la pérdida de hojas, sumado a un deshoje temprano y correctas labores culturales (Tuz, 2018).

Bajo este resultado Finol et al., (2004) quienes exponen en su ensayo que existe correlación positiva entre el nitrógeno del suelo y el encontrado en la planta, conforme este elemento incrementa en el suelo sucede igual en la biomasa foliar bajo la misma proporción.

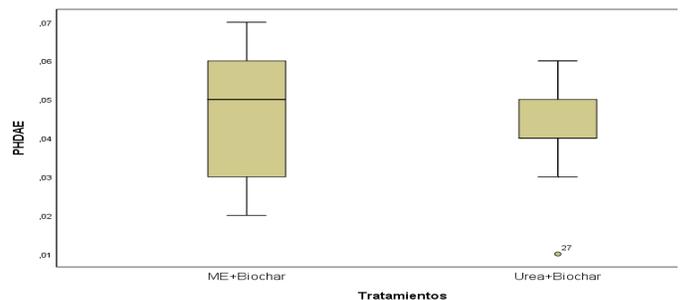


Figura 10. Diagrama de cajas de la variable pérdida de hoja diaria de agosto a enero

Raíces Sanas (RSN)

En las pruebas estadísticas esta variable no presentó diferencias significativas, el tratamiento ME200+Biochar5 presenta una media de 68,59% y Urea40+Biochar4 alcanza una más alta de 69,97% con valores hasta de 82%, pero obtuvo un valor mínimo de 55% de raíces sanas mientras que el menor valor del tratamiento de ME200+Biochar5 fue de 59%, aun teniendo un valor atípico general, lo convierte en el tratamiento más homogéneo por su rango de datos que va de 67% a 75% de raíces sanas (Figura 11). Como mencionan Morocho & Leiva (2019) el empleo de ME causa un efecto alentador puesto que las raíces logran incrementar la absorción de nutrientes mejorando su estado. Criterio compartido por Tuz (2018) quien señala

que la combinación de ME+Biochar mejorar sistema radicular aumentando porcentaje de raíces sanas.

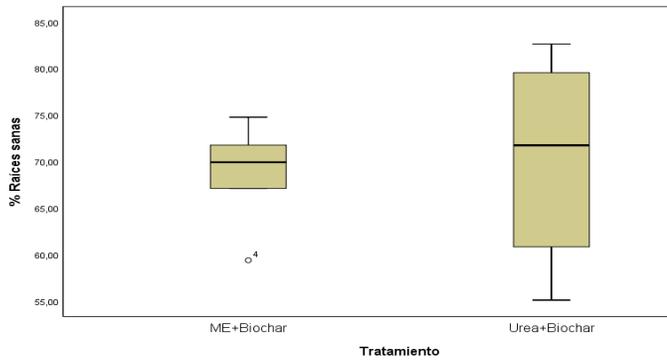


Figura 11. Diagrama de cajas de la variable raíces sanas

Raíces Enfermas (RENF)

La variable raíces enfermas presento diferencias estadísticamente significativas, tratamiento Urea40+Biochar4 refleja menor cantidad de raíces enfermas con media de 30,84% pero posee valores menores hasta de 45% de RENF, mientras tanto ME200+Biochar5 llega a tener hasta 34% de RENF con una media de 31,41%, pese que la diferencia numérica de medias es corta, este tratamiento tiende a ser más homogéneo y a la vez mejor para reducir el porcentaje de RENF (Figura 12). Detalla Morocho & Leiva (2019), que los microorganismos llegan a tener una simbiosis con las raíces reduciendo el porcentaje de raíces enfermas.

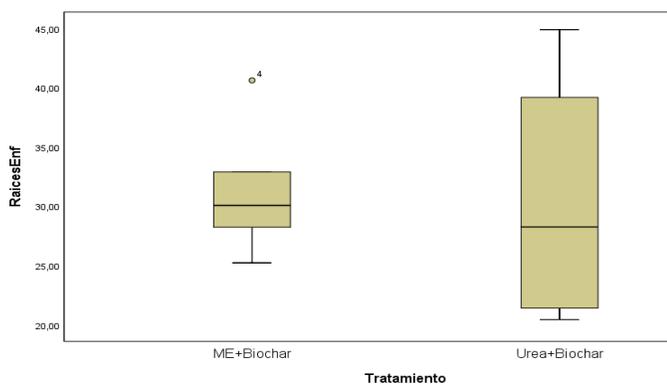


Figura 12. Diagrama de cajas de la variable raíces enfermas

pH en agua destilada

En cuanto a pH en agua destilada respecta, la muestra de suelo 2-3 de ME200+Biochar5 denota valores ácidos aun así contiene un valor máximo de 7,23 (Figura 13) y una media de 6,54 a diferencia de Urea40+Biochar4 con valores máximo aproximado de 8,00 lo que demuestra diferencias significativas. El tratamiento ME200+Biochar5 muestra un pH donde la disponibilidad de nutrientes es más asimilable a diferencia de un pH 8, ya que puede existir algún tipo de bloqueo de nutrientes. A razón de lo afirmado por Barrezueta, Rizzo, *et al.*, (2022), la

combinación de biocarbon con abonos orgánicos induce a la regulación de pH de neutro a ligeramente alcalino.

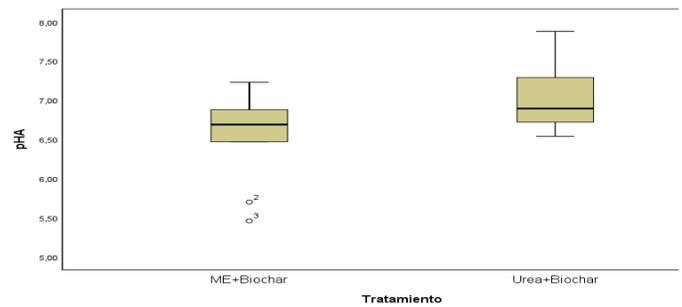


Figura 13. Diagrama de cajas de la variable pH en agua destilada

pH en extracto de KCL

De acuerdo al análisis estadístico esta variable no presentó diferencias significativas entre tratamientos y su diferencia numérica de medias no es tan distante. El tratamiento de ME200+Biochar5 muestra valores más homogéneos y dos valores atípicos inferiores a la media de 5,57 mientras que el tratamiento Urea40+Biochar4 refleja valores máximos de 6,63 encima de la media estimada de 5,90. Siendo ME200+Biochar5 el tratamiento más homogéneo en cuanto pHKCl se refiere (Figura 14). Soriano (2018) explica que el resultado del pH en solución KCl siempre será menor al pH en agua puesto que la solución KCl produce desplazamiento de cationes retenidos dando un valor más certero.

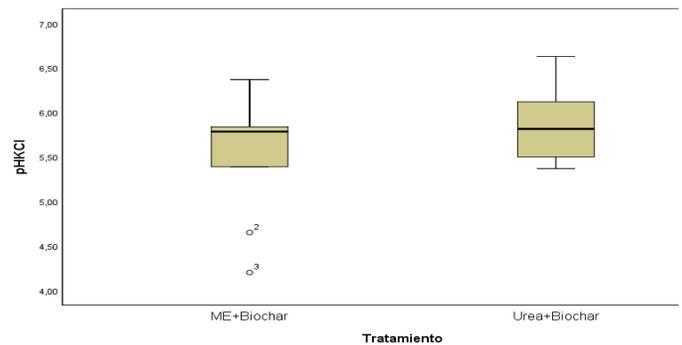


Figura 14. Diagrama de cajas de la variable pH en KCl

Conductividad Eléctrica

Variable estadísticamente no significativa, el tratamiento ME200+Biochar5 registró una media de 0,29 mS junto con un valor atípico superior a dicha media, a comparación del tratamiento Urea40+Biochar4 que refleja homogeneidad en sus valores con una media de 0,26 mS siendo el valor menor el que destaca como mejor tratamiento (Figura 15). La CE indica el contenido de sales presentes en el suelo, el cual basándose en estos resultados existe CE baja, Rosado *et al.*, (2016) mencionan que la aplicación de biochar induce a una baja Conductividad eléctrica en el suelo. La urea a pesar de tener un alto contenido de sales no mostro un efecto negativo en el suelo debido a que fue encapsulado por el biocarbon lo que baja la CE.

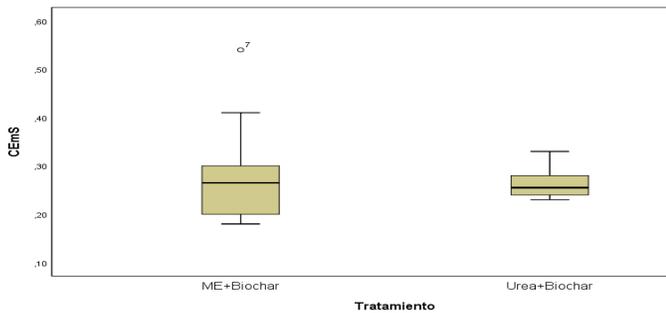


Figura 15. Diagrama de cajas de la variable CEmS

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, la aplicación del T1 registró mejor comportamiento en cuanto a variables de crecimiento (etapa fenológica vegetativa-reproductiva) del banano variedad Gros Michel.

Los parámetros porcentaje de raíces sanas y enfermas señalaron que la fertilización orgánica mejora el desarrollo y la rentabilidad del cultivo, reduciendo costos de fertilización, mejorando el microbiota del suelo de manera sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acaro, L., Córdova, A., Vega, A., & Sánchez, T. (2021). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011-2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Revista Polo Del Conocimiento*, 6(8), 257–277. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i8>
- Andrade, C., Cabrera, C., Sambonino, B., López, C., & Poveda, G. (2020). *Afectación a las exportaciones de banano ecuatoriano a causa de la pandemia por el Covid19*. <https://www.eumed.net/actas/20/covid/4-afec-tacion-a-las-exportaciones-de-banano-ecuatoria-no-a-causa-de-la-pandemia-por-el-covid19.pdf>
- Barrezueta, S., Condoy, A., & Sánchez, 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). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- Barrezueta, S., Rizzo, J., & Añazco, H. (2022). Efecto del abono orgánico con biocarbón sobre las características morfológicas de mazorca de Theobroma cacao CCN51. *Ciencia y Agricultura*, 19(2). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n2.2022.14265>
- Burgo, O., Zambrano, Á., Izquierdo, R., García, M., Capa, L., & Juca, F. (2019). *Impacto de la producción agrícola alternativa en PyMEs bananeras con enfoque agroecológico*. 40(4), 2. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n04/a19v40n04p02.pdf>

Carr, C., Sánchez, M., Alfaro, F., Villalta, R., Sandoval, J., & Guzmán, M. (2017). *Marchitez por Fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas*. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Guzman-2/publication/324804235_Marchitez_por_Fusarium_o_mal_de_Panama_del_banano_y_otras_musaceas/links/5ae3394ba6fdcc9139a188fd/Marchitez-por-Fusarium-o-mal-de-Panama-del-banano-y-otras-musaceas.pdf

Cervantes, A., Sigcha, L., Villaseñor, D., & Maldonado, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192–198. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/287/317>

Finol, J., Fernández, L., Nava, C., & Esparza, D. (2004). Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto del banano (Musa grupo AAA subgrupo Cavendish clon _Gran Enano_) en la Planicie Aluvial del Río Motatán. *Revista Facultad de Agronomía*, 21(3). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000300002

GAD Municipal de Machala. (2016). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial Machala. *Machala: GAD Municipal Machala*.

Jiménez, J. (2006). *Consideraciones Generales del Banano*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14780/21/CAP%C3%8DTULO%201.pdf>

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), 38–46. <https://doi.org/10.26423/rctu.v7i2.521>

López, S., & Castaño, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [Fusarium oxysporum Schlechtend. Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 2–13. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1240/1789>

Macas, V. (2021). *Fuentes de Nitrógeno: Dosis y efectos sobre variables agronómicas del cultivo de banano*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17479/1/TTUACA-2021-IA-DE00061.pdf>

Morocho, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Revista Centro Agrícola*, 46(2), 93–103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

- Quevedo, J., Delgado, A., Tuz, I., & García, R. (2019). Cita sugerida (APA, sexta edición). *Revista Científica Agroecosistema*, 7(2), 190–197. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- Reynoso, M. (2019). *Influencia del momento de cosecha en la calidad de banana (Musa sp.) variedad Gros Michel*. [https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4009/reynoso-magui%
b1a-martha-benigna.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4009/reynoso-magui%c3%b1a-martha-benigna.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosado, M., de La Rosa, J., Paneque, M., Miller, A., López, R., & Knicker, H. (2016). *Evaluación de la alteración de Biochar utilizados como enmienda de un cultivo de girasol bajo condiciones de clima mediterráneo*. https://digital.csic.es/bitstream/10261/152373/1/Evaluacion_alteracion_biochar_VJorREC_2016.pdf
- Soriano, M. (2018). *pH del suelo*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf?sequence=1>
- Tuz, I. (2018). *Manejo Integrado del Cultivo de Banano (Musa x Paradisiaca L.) Clon Williams, usando biocarbon y microorganismos eficientes*. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_TRABAJODETITULACION.pdf
- Valverde, E., Batista, R., Moreno, A., & Socorro, A. (2019). Alternativas nutricionales eficientes den banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 151–159. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/104/198>