

HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA AAB)

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF) IN THE PRODUCTIVITY OF BANANA CROPS (MUSA AAB)

Jorge Vivas Cedeño¹, Elizabeth Tacuri Troya², Ricardo González Dávila³.

{jorge.vivas@uleam.edu.ec¹, elizabeth.tacuri@uleam.edu.ec², ricardo.gonzalez@uleam.edu.ec³}

Fecha de recepción: / Fecha de aceptación: / Fecha de publicación:

RESUMEN: Las demandas actuales de conservación del medio ambiente, reducir el uso indiscriminados de agroquímicos y la seguridad alimentaria buscan alternativas sostenibles de una producción agrícola, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) es parte de la solución, aplicar HMA en el cultivo de plátano barraganete Musa ABB, representa una alternativa importante para incrementar el rendimientos en este cultivos agrícola, desempeña un papel esencial en el crecimiento vegetal, la protección contra las enfermedades y la calidad general del suelo, el presente estudio se ejecutó con el objetivo de evaluar el efecto de los Hongos Micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de plátano (Musa AAB) en la primera fase en etapa de vivero bajo condiciones de cámara térmica, en el cantón El Carmen, Manabí, en fase de vivero se evaluó hasta los 70 días después de la siembra, la segunda fase de campo se determinó hasta la cosecha, las dos fases se ejecutaron bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, 5 tratamientos, 28 repeticiones. En la fase de vivero en las variables porcentaje de brotación, número de hojas, número, pesos de raíces, tasa de colonización y densidad visual del endófito se observó diferencias altamente significativas entre los tratamientos, T2 y T3 fueron los tratamientos con los valores más altos, en cuanto a la fase de campo las variables diámetro de pseudotallo, altura de planta, y peso del racimo existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, los tratamientos T5 y T4 obtuvieron los mejores resultados, en conclusión los HMA tienen un efecto positivo en la fase de vivero incrementado número de hojas, número raíces, peso de raíces y tasa de colonización, a nivel de campo influyen en altura de planta, diámetro de pseudotallo y peso de racimo.

¹Profesor Titular Investigador, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-7298-2902>, +593098 970 0492.

²Profesor Titular Investigador, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-4191-500X>, +593098 2008440.

³Profesor Titular Investigador, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-7808-7642>; +593099 631 1072

Palabras clave: *Hongos micorrízicos arbusculares, HMA, Musa AAB, Plátano barraganete, sostenibilidad agrícola*

ABSTRACT: The current demands of environmental conservation, reducing the indiscriminate use of agrochemicals and food security seek sustainable alternatives for agricultural production, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is part of the solution, applying AMF in the banana crop barraganete Musa ABB, represents an important alternative to increase yields in this agricultural crop, plays an essential role in plant growth, protection against diseases and overall soil quality, the present study was carried out with the objective of evaluating the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the plantain crop (Musa AAB) in the first phase in the nursery stage under thermal chamber conditions, in the canton El Carmen, Manabi, in the nursery phase was evaluated until 70 days after planting, the second field phase was determined until harvest, the two phases were executed under a Completely Randomized Block Design, 5 treatments, 28 replicates. In the nursery phase, in the variables sprouting percentage, number of leaves, number and weight of roots, colonization rate and visual density of the endophyte, highly significant differences were observed among the treatments, T2 and T3 were the treatments with the highest values, as for the field phase, the variables pseudostem diameter, plant height, In conclusion, AMF have a positive effect in the nursery phase, increasing the number of leaves, number of roots, root weight and colonization rate; at the field level, they influence plant height, pseudostem diameter and bunch weight.

Keywords: *Arbuscular mycorrhizal fungi, HMA, Musa AAB, Plantain barraganete, agricultural sustainability*

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares también conocidos como (HMA) son microorganismos del suelo que viven en actividad simbiótica con el 80-90% de las especies de plantas vasculares y el 90% de las plantas agrícolas, especialmente en cereales, hortalizas y plantas hortícolas, (1). Los HMA se clasifican como miembros del subdominio Mucoromyceta y del filo Glomeromycota, que incluye tres clases (Glomeromycetes, Archaeosporomycetes y Paraglomeromycetes, los HMA pertenecen a 11 familias, 25 géneros y cerca de 250 especies, la ventaja de los hongos, es que los mejoran el suministro de agua y nutrientes, como el fosfato y el nitrógeno, a la planta huésped a través de hifas extrarradicales e intrarradicales, arbusculos y la interfaz del apoplasto de la raíz, (2).

Los HMA forman asociaciones simbióticas, esta simbiosis está activa en el traslado de carbohidratos de la planta al hongo y nutrientes que el hongo absorbe del suelo como (P, Cu, Zn y NH₄) hacia la planta, el hongo además de incrementar el desarrollo de las plantas, debido a que mejora la absorción de nutrientes desempeña otras funciones como proteger a las raíces del ataque de patógenos, mejora la estructura del suelo y el balance hídrico, (3).

Las nuevas generaciones y las exigencias de los mercados cada vez son mayores a escala mundial, cada día aumentan las necesidades de adoptar estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción de alimentos sanos, nutritivos, erradicar la desnutrición y pobreza, conservar y proteger el ambiente y los recursos naturales son las principales razones para aplicar HMA en la agricultura, (4) . Varias investigaciones revelan ventajas de los HMA en comparación con los agroquímicos, las micorrizas transforman un ecosistema alterado en una tierra productiva, se destaca la calidad de la reintroducción de sistemas micorrícicos en la rizosfera y se analiza el impacto en la regeneración del paisaje y en la biorremediación de suelos contaminados por herbicidas y pesticidas, (5).

En el Ecuador el cultivo de plátano Musa AAB, es una monocotiledónea de gran productividad, sin embargo presenta grandes problemas sanitarios y de nutrición, a pesar de estas dificultades este cultivo antes mencionado ocupa el cuarto lugar en importancia para la seguridad alimentaria únicamente superado por cereales como el arroz, trigo y maíz, este alimento es parte de la canasta básica familiar y genera miles de plazas de empleo en países tropicales y subtropicales, (6).

La mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente. Las principales variedades explotadas en estas zonas son el “Dominico”, que se lo destina principalmente para el autoconsumo y el “Barraganete” que se lo destina en su mayor parte a la exportación, estimándose que anualmente se exportan alrededor de 90000 TM de este cultivar, (7) ., el plátano barraganete en nuestro país (Racimo aprox. 50 lb) para el año 2023 estaba a 2.62\$ la libra, para el año 2024 estaba a un valor de 1.81\$ en marzo para abril ascendió a 1.79\$, el precio del cartón de 50 lb del plátano verde precio promedio mercado terminal en Miami es de 27,50\$ y Nueva York 18,66\$, (8).

Los problemas de productividad hacen que actualmente se estén buscando alternativas de nutrición de la planta, como los HMA, considerados como biofertilizantes, buscando reducir el uso de los fertilizantes sintéticos, la escases de la roca fosfórica, la degradación de los suelos, la presencia de plagas muy agresivas, el monocultivo, cultivos con 20, 30 y 40 años en producción, el uso desmedido de herbicidas hacen que la actividad biótica del suelo se vea afectada, la fijación de Fósforo por ser suelo de origen volcánicos, (3).

Una opción que permita disminuir el uso fertilizante químicos sintéticos en fase de vivero y campo son los biofertilizantes naturales como los HMA, que con sus micelios especializados solubilizan el Fósforo, hacen disponibles cationes como el Calcio, Potasio, Magnesio e inclusive otros elementos como el Nitrógeno, y Azufre, ya que los microorganismos antes mencionados al realizar una simbiosis con la raíz de la planta optimizan sus funciones, (9).

El uso y aplicación de micorrizas nativas en la producción de plátano, tiene mayor eficiencia cuando se aplica en vivero, debido a que la simbiosis se hace antes de que las raíces se vean afectadas por la presencia de plagas, y la deficiencia de nutrientes se muestre en la planta, también permite estimular la mayor cantidad de raíces, haciendo que la planta forme una mayor biomasa y por ende proyectar un racimo con mayor peso y calidad, (10).

Los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) aumentan la productividad del cultivo de plátano (Musa AAB), estos hongos que se desarrollan en el suelo y colonizan las raíces del plátano barraganete sin ocasionar daños, al contrario, beneficia a la planta mejorando su nutrición y generando resistencia a las plagas y enfermedades, los HMA hace que la planta sea más tolerable a la sequía y salinidad, (11) , esta alternativa puede crear mayores beneficios económicos y ambientales, lo que garantizara una producción eficiente en el cultivo, (12).

Los objetivos de la aplicación de micorrizas es evaluar la producción de plátano tienen mayor eficiencia en temprana edad de la planta, la simbiosis aumenta en raíces jóvenes, presentándose como la gran alternativa para la multiplicación de la planta, los HMA aumentan la nutrición de la planta y la protección contra patógenos (13).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), que consistió en 5 tratamientos con 28 repeticiones, teniendo así 140 unidades experimentales. El trabajo experimental se realizó en la granja Experimental “Rio Suma” de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada a 260 msm, está considerada como zona tropical húmeda, con temperatura promedio de 24°C, y una precipitación promedio de 2806 ml.

Tabla 1. Disposiciones de los tratamientos en estudio.

No	Tratamiento	Nivel	Descripción
1	T1	d1	Suelo esterilizado (testigo)
2	T2	d2	Inóculo natural + suelo esterilizado (INSE)
3	T3	d3	Inoculo natural+ suelo concentrado (INSC)
4	T4	d4	Inóculo natural + suelo esterilizado con fertilizante sin fósforo (INSESF)
5	T5	d5	Inóculo natural + suelo concentrado + NPK

Nota: Se utilizó suelo esterilizado con formaldehído al 20%, y suelo compacto que es con las UFC de HMA nativos que corresponde al inóculo natural, en cultivo de plátano Musa AAB fase vivero

Procedimientos.

Preparación de Inóculo; se realizó la recolección y multiplicación de las UFC de los HMA nativos, en cultivo de plátano y de árboles de (Inga sp), para multiplicarlos en plantas trampa, como el frejol (Phaseolus sp), en suelo esterilizado con formaldehído al 20%, de estas plantas se utilizaron para la siembra a nivel de campo en la parcela experimental, (14) , según esta investigación la calabacita, Cucurbita pepo L., var. “Grey Zucchini”, tiene una gran afinidad micotrófica con la interacción de hongos micorrizogénos arbusculares es una buena opción para implementar el trapeo y multiplicación de hongos micorrizicos arbusculares. Los inóculos de HMA nativos presentan mayor afinidad e incremento en comparación a la formulación comercial.

Preparación de Corno; los cormos seleccionados fueron preparados con la eliminación de residuos vegetativos de la superficie, eliminando las raíces y restos de tierra, luego fueron desinfectados con agua caliente (55°C) durante 20 minutos; después de la limpieza y desinfección, los cormos fueron inoculados en los HMA (Micorriza) de acuerdo con las dosis establecidas (HMA 60 gramos por planta), posteriormente fueron trasplantados a las camas enraizadoras.

Siembra; una vez definido los tratamientos se realizó la siembra con las respectivas dosis evaluadas, las dosis de HMA se aplicaron a la siembra, y los fertilizantes en dosis baja a los 21 días que es cuando inicia la formación de hojas verdaderas, el riego se lo realizó cada 8 días.

Variabes; las variables dependientes en fase vivero es el porcentaje de brotación, altura de planta, diámetro del pseudotallo, numero de hojas, área foliar y numero de raíces, en fase campo se evaluó el número de hojas a la floración y cosecha, numero de dedos por racimo, peso de racimo y producción por ha.

RESULTADOS

Fase de vivero

Porcentaje de brotación

Tabla 2. Porcentaje de brotación a los 21 días después de la siembra.

Tratamientos	% brotación
T1 (SE)	72.9 c
T2 (IN+ SE)	77.1 a
T3 (IN+SC)	77.1 a
T4 (IN+SE+P)	75.1 b
T5 (IN+SC+NPK)	75.0 b
Media (cm)	12.38
CV	14.0%

Nota: se contabilizo el porcentaje de brotación a los 21 días de los cormos sembrados en la cámara térmica.

En la variable porcentaje de brotación de los cormos a los 21 días después de la siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable brotación. La media total general fue 75,41 % y el coeficiente de variación fue de 18,8 %. Las medias muestran que los tratamientos con valor más alto fueron el T2 y T3, que corresponde a inóculo natural en 60 gramos en suelo esterilizado y suelo concentrado respectivamente, el que presentó valor más bajo fue el T1 que corresponde a suelo esterilizado (Tabla 2).

Altura de planta

Tabla 3. Resultados de altura de planta de Musa AAB en fase de vivero a los 30,50 y 70 días después de la siembra inoculados con HMA.

Tratamientos	Altura 30-d	Altura 50-d	Altura 70-d
T1 (SE)	11,1	21,9	26,0
T2 (IN+SE)	11,8	21,6	29,2
T3 (IN+SC)	14,5	25,2	32,5
T4 (IN+SE+P)	11,4	22,4	29,5
T5 (IN+SC+NPK)	13,1	22,3	28,8
Media (cm)	12,38	22,66	29,20
CV	14,0%	12,8%	10,2%

Nota: Se midió la altura de las plantas a los 30,50 y 70 días, sembradas en potes en la cámara térmica, inoculadas con HMA nativos lote de bajos insumos, la medición se realizó desde el suelo hasta la inserción de la hoja bandera,

No se encontró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable altura de planta determinados a los 30 (altura 1), 50 (altura 2) y 70 (altura 3) días después de la siembra. Los coeficientes de variación fueron de 14,0 %, 12,8 % y 10,2 % respectivamente, y las medias total generales para cada periodo fueron 12,4 cm, 22,7 cm y 29,2 cm (tabla 2). Los valores de las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante todas las evaluaciones fue el T3 y el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30 y 70 días fue el T1 con 0.11., 0,21 y 0.26 m respectivamente en la (Tabla 3).

Diámetro de pseudotallo.

Tabla 4. Resultados del diámetro de tallo de la planta de Musa AAB a los 30,50 y 70 días después de la siembra.

Tratamientos	Diámetro 30	Diámetro 50	Diámetro 70
T1 (SE)	1,9	2,5	2,7
T2 (IN+SE)	1,9	2,9	2,7
T3 (IN+SC)	2,3	3,0	3,1
T4 (IN+SE+P)	1,9	2,6	2,6
T5 (IN+SC+NPK)	2,1	2,9	3,0
Media (mm)	2,04	2,77	2,81
CV	15,0%	11,4%	11,8%

Nota: Se midió el diámetro del tallo a los 10 cm del suelo, a los 30, 50 y 70 días, inoculadas con UFC de HMA nativos lote de bajos insumos, fase vivero en cámara térmica, cultivo de plátano Musa AAB.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable diámetro de pseudotallo evaluados a los 30 (diámetro 1), 50 (diámetro 2) y 70 (diámetro 3) días después de la siembra. Las medias total generales para cada periodo fueron 2,04 mm, 2,77 mm y 2,81 mm y los coeficientes de variación fueron de 15,0 %, 11,4 % y 11,8 %, respectivamente. Las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante todas las

evaluaciones fue el T3 y el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30 y 50 días fue el T1, y a los 70 días fue el T4 (Tabla 4).

Número de hojas

Tabla 4. Resultados del número de hojas de cultivo de plátano Musa AAB en fase de vivero a los 30,50 y 70 días después de la siembra inoculados con HMA.

Tratamientos	N° de hojas 30	N° de hojas 50	N° de hojas 70
T1 (SE)	0,8 a	2,8 b	3,8 c
T2 (IN+SE)	1,0 a	2,9 ab	4,1 bc
T3 (IN+SC)	1,3 a	3,4 a	4,6 a
T4 (IN+SE+P)	1,0 a	3,1 ab	4,2 abc
T5 (IN+SC+NPK)	1,1 a	3,2 ab	4,3 ab
Media (#)	1,03	3,08	4,19
CV	22,9%	8,1%	5,2%

Nota: Se contó el número de hojas emitidas por las plantas en fase de vivero en la cámara térmica, inoculadas con UFC de HMA nativos bajos insumos, cultivo de plátano Musa AAB

En la variable número de hojas a los 30 días no se encontró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados, a los 50 días después de la siembra existieron diferencias significativas y diferencias altamente significativas a los 70 días después de la siembra. Los coeficientes de variación fueron de 22,9 %, 8,1 % y 5,2 % respectivamente, y las medias total generales para cada periodo fueron 1, 03, 3.08 y 4,19 cm (tabla 4). Los valores de las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante la primera evaluación fue el T3, y el valor estadísticamente superior al resto de tratamientos y el más bajo suelo esterilizado, en las evaluaciones a los 50 y 70 días fue el T3, que corresponde a suelo esterilizado más inóculo natural con 3.4 y 4.6 cm respectivamente, el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30, 50 y 70 días fue el T1 que es suelo esterilizado. (Tabla 4).

Número y peso de raíces

Tabla 5. Resultados para los tratamientos de la variable número y peso de raíces en cultivo de plátano Musa AAB, fase vivero, inoculados con HMA.

Tratamientos	Número de raíces	Peso de raíces
T1 (SE)	6,5 c	30,3 b
T2 (SE+IN)	11,8 b	60,5 a
T3 (SC+IN)	17,0 a	43,8 ab
T4 (SE+IN+P)	15,8 a	56,5 ab
T5 (SC+IN+NPK)	16,0 a	37,3 ab
Media	13,40	45,65
CV	11,2%	14,7%

Nota: Se contabilizó el número de raíces emitidas por las plantas, y el peso de raíces en gramos, en plantas fase de vivero inoculas con HMA lote de bajos insumos, cultivo de plátano Musa AAB

Para la variable número y peso de raíces, se encontró diferencias altamente significativas en los tratamientos evaluados a los 70 días después de la siembra, Los coeficientes de variación fueron de 11,2 % 14,7 % respectivamente, y las medias total generales para cada periodo fueron 13,4 raíces y 45,65 g. Los valores de las medias muestran que, para el número de raíces, el tratamiento estadísticamente superior fue el T3, con 17 raíces, y para el peso de raíces, el T2 obtuvo el valor más alto con 60.5 gramos, significativamente superior a los demás tratamientos a los 70 días, y el que presentó el valor más bajo fue el T1 que es suelo esterilizado con 6.5 y con el peso más bajo con 30.3 gramos respectivamente (Tabla 5), en la investigación de (15) en fase vivero agregaron un sustrato comprimido de HMA y las variables evaluadas fueron diámetro de raíces, longitud de raíces y número de raíces durante los días 58, 83, 112, 125, 150 y 182 después de la siembra y los resultados presentaron diferencias significativas en las cuatro variables evaluadas, siendo la longitud la variable con mayor respuesta.

Tasa de colonización y densidad visual del endófito

Tabla 6. Tasa de colonización de HMA en las raíces

Tratamientos	Tasa de colonización
T1 (SE)	0,0 e
T2 (IN+SE)	16,4 c
T3 (IN+SC)	35,9 a
T4 (IN+SE+P)	11,3 d
T5 (IN+SC+NPK)	31,0 b
Media (%)	18,93
	0,0%

Nota: Se contabilizó la tasa de colonización de las raíces de las raíces de las plantas de plátano.

La tasa de colonización de micorrizas y la densidad visual del endófito mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos evaluados. Las medias total generales fueron de 18,9 % y 0,57 %. Las medias muestran que el tratamiento con el valor con diferencias estadísticas fue el T3, y el tratamiento que presentó valor más alto con una tasa de colonización de 35.9%, y el suelo esterilizado el valor más bajo con 0% de colonización, en lo referente a la densidad del endófito el valor más alto se encontró en el T3, que corresponde a suelo esterilizado más inóculo natural con 2% de formación de arbusculares dentro del tejido radical, según (16), varias plantas y el HMA son excelentes en la Fito extracción de metales pesados para la recuperación de suelos agrícolas contaminados.

Fase de Campo.

En la fase de campo se implementó el ensayo experimental con 5 tratamientos y 28 repeticiones, cabe mencionar que las plantas fueron desarrolladas en cámara térmica donde se inoculo el suelo esterilizado y posteriormente se sembró en campo.

Diámetro del pseudotallo

Tabla 7. Resultados para los tratamientos de la variable diámetro de pseudotallo en cultivo de plátano Musa AAB, fase campo en lote bajo insumos.

Tratamientos	Diámetro del pseudotallo (cm)		
T5 (IN+SC+NPÑ)	65,01	a	
T4 (IN+SE+P)	61,65	a	b
T3 (IN+SC)	60,53	a	b
T2 (IN+SE)	60,12	a	b
T1 (SE)	59,36		b
CV (%)			14,21

Nota: El diámetro se midió a un metro del suelo utilizando un flexómetro

La Variable diámetro del pseudotallo el análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas donde el T5 que corresponde a suelo concentrado más inóculo natural con dosis baja de NPK alcanzó el mayor diámetro de pseudotallo con 65.01 cm y el T1 que corresponde a suelo esterilizado el valor más bajo con 59.36 cm Tabla 7.

Altura de planta

Tabla 8. Resultados altura de planta en el cultivo de plátano Musa AAB en fase de campo inoculados con HMA lote bajo insumos.

Tratamientos	Altura de la planta a la floración (m)		
T5 (IN+SC+NPK)	4.04	a	
T4 (IN+SE+P)	3,99	a	b
T3 (IN+SC)	3,82		b
T2 (IN+SE)	3,78		b c
T1 (SE)	3.77		b c
CV (%)			12,7

Nota: En parcelas de campo se midió la altura de planta en metro, desde el suelo hasta la inserción de la bellota, En la variable número de hojas a la floración y cosecha, el análisis de varianza presenta diferencias no significativas, esto nos indica que los diferentes tratamientos no influyen en el número de hojas a la cosecha, el coeficiente de variación de 8.37% aceptable para este tipo de ensayos, estos resultados son compartidos con la siguiente investigación, (17) .

Se analizada altura de planta a la floración o emisión de la bellota, el análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas, se acepta la hipótesis alternativa o de diferencia de los resultados, el coeficiente de variación de 12.7% aceptable para ensayos a campo abierto, la prueba de significación de Tukey ubica al tratamiento T5 que corresponde a suelo

concentrado más inóculo natural más NPK, el mismo que comparte el mismo rango de significación con T4 que corresponde a Suelo esterilizado más inóculo natural más fósforo con 4.04 y 3.99 respectivamente, y el valor más bajo el suelo esterilizado con 3.77 m.

Número de hojas

Tabla 9. Resultados número de hojas de plátano Musa AAB en fase de campo, inoculados con HMA lote bajo insumos.

Tratamientos	Hojas a la cosecha	
T5 (IN+SC+NPK)	2.56	a
T4 (IN+SE+P)	2.82	a
T3 (IN+SC)	2.77	a
T2 (IN+SE)	2.83	a
T1 (SE)	2.66	a
CV (%)		10,7

Nota: se contó el número de hojas funcionales a la cosecha en plantas inoculadas con UFC de HMA en lotes de bajos insumos.

Encontraron que el número de hojas a la cosecha en plantas de plátano con cuatro fertilizaciones anuales osciló entre 6,3 en el primer ciclo de producción y 3,0 en la segunda generación, estos resultados obtenidos en la segunda generación son similares a los encontrados en el presente estudio, lo cual sugiere que, independientemente del régimen de fertilización, el número de hojas en la fase de cosecha tiende a reducirse en ciclos de producción posteriores (18).

Peso de racimo.

Tabla 10. Resultados peso de racimo en el cultivo de plátano Musa AAB en fase de producción inoculados con HMA lote bajo insumos.

Tratamientos	Hojas a la cosecha	
T5 (SC+IN+NPK)	14.35	a
T4 (SE+IN+P)	12.03	b
T3 (SC+IN)	12.14	b
T2 (SE+IN)	11.69	b
T1 (SE)	10.13	c
CV (%)		5%

Varias investigaciones reportaron que tanto la densidad de siembra como el tipo de fertilización influyen significativamente en el peso del racimo en cultivos de banano. En su estudio, al aplicar una fórmula de fertilización NPK, observaron que el peso promedio del racimo alcanzaba los 8,9 kg en condiciones de menor competencia por nutrientes y espacio. Sin embargo, a medida que la competencia aumentaba, el peso del racimo mostró una ligera disminución, situándose en valores de hasta 8,4 kg, (19).

En la variable peso de racimo, el análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas, esto nos indica que los tratamientos con HMA en lotes de bajos insumos, si

influyen en el peso de racimo, un coeficiente de variación de 5% aceptable para este tipo de ensayo, la prueba de significación de Tukey nos indica que el tratamiento T5, que corresponde al suelo esterilizado, más Inóculo natural más NPK alcanzó el mayor peso de racimo, con 14.35 Kg. Siendo el mejor, posteriormente comparten el mismo rango de significación los T4, T3, T2 con pesos de racimos de 12.03, 12.14 y 11.69 Kg respectivamente y el testigo con el menor valor con 10.13 kg. libras por racimo Tabla 10, estos resultados comparten criterios con (20).

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación han justificado la aplicación de los HMA como bioestimulante para fortalecer la nutrición eficaz, práctica y sostenible en la producción de Musa AAB, esta alternativa favorece a mitigar los problemas medioambientales relacionados con la fertilización excesiva por agroquímicos sintéticos, el autor (21) asegura que los HMA actúan con dos mecanismos de acción, el más frecuente es el directo participando en la síntesis de nutrientes, mientras que los mecanismos indirectos participa en la obtención de sideróforos, solubilizando el zinc, fósforo, biosíntesis de ácido indol acético, producción de enzimas antioxidantes, producción de amoníaco y cianuro de hidrógeno, fijando naturalmente el nitrógeno y la producción de fitohormonas.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) representan una alternativa sostenible para mejorar la productividad del cultivo de plátano Musa AAB, sin comprometer la salud del suelo y el medio ambiente, los autores (21) confirman que los bioestimulantes son una alternativa ecológica necesaria en la agricultura sostenible. Los bioestimulantes contienen sustancias naturales que pueden mejorar el crecimiento de las plantas, se comparten resultados con la investigación de (22) en la que asegura que la canavalia respondió positivamente a la inoculación micorrízica, con incrementos promedios en biomasa, contenidos de NPK y propágulos micorrízicos entre 50 % y 300 %. En esta investigación se buscó identificar la metodología más eficiente para la aplicación de HMA en dos fases: vivero y campo.

En la fase de vivero, los tratamientos T2 (Inóculo de HMA nativo + suelo estéril) y T3 (Inóculo natural + suelo compacto) mostraron los mejores resultados en variables como porcentaje de brotación, número de hojas y raíces, así como peso de raíces. Esto concuerda con lo reportado por (23), quien también encontró que la inoculación de HMA nativos en canavalia presentó una respuesta positiva a la inoculación micorrízica en el suelo Cambisol éutrico crómico con incrementos en su nodulación, crecimiento y producción de masa seca.

En la fase de campo, el tratamiento T5 (Suelo compacto + Inóculo natural + NPK) fue el más efectivo para variables como diámetro de pseudotallo, altura de planta y peso de racimo. Estos resultados son similares a los encontrados por, (24) en la que concluyen que la asociación de diferentes especies de HMA mejoran el crecimiento de las plántulas de banano, proporcionando una mejor nutrición, aseguran que la colonización micorrízica junto con la fertilización fosfatada contribuyó a la calidad de las plántulas de plátano.

Los ensayos realizados en esta investigación demostraron que aplicar HMA es eficiente en la producción de plátano barraganete Musa AAB, incrementando el peso del racimo, mejoran el margen de utilidad en los agricultores, reducción del tiempo de cosecha, al mismo tiempo mejoran la calidad de los suelos, los autores (25) afirman que para producir más alimentos, mejores y más seguros, la humanidad debe ser capaz de fomentar el uso sostenible de los recursos agrícolas.

CONCLUSIONES

La respuesta de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos influyen en el crecimiento y productividad del cultivo de plátano Musa AAB en el cantón El Carmen Manabí, Ecuador bajo condiciones de altos y bajos insumos, además se determinó que en fase vivero al inocular las plántulas con HMA nativos bajo condiciones de altos y bajos insumos incrementan el número y peso de raíces, porcentaje de brotes. En fase de campo los resultados son claramente visibles a nivel fisiológico, el aumento del diámetro del pseudotallo, mayor número de hojas y raíces vigorosas que al final generan una alta productividad agrícola reflejada en el peso del racimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Smth SE, Read D. Micorrhizal Symbiosis New York: Elsevier; 2008.
2. SIDDIQUI ZA, PICHTEL J. Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry: Natural Resources and Environmental Management; 2008.
3. Vivas S, López FX, González P, Tacuri T, Palacios E. Manejo integrado del cultivo del plátano musa AAB Quito: Mawil Publicaciones de Ecuador; 2022.
4. Tedersoo. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses New York: Springer; 2028.
5. Chavarro , Bolaños M. Función de la biota edáfica en la nutrición y sanidad de musáceas. AGROSAVIA. 2024; 11.
6. Gío A, Alvarado J. Comportamiento de Cucurbita pepo L. var. "Grey Zucchini", en la propagación de hongos micorrizógenos arbusculares nativos de suelos con diferente manejo. Biotecnia. 2024; 26.
7. Álvarez , León. Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. Journal y businesses. 2020; 4.
8. MAG. Boletín de Precios al Productor Abril 2024. [Online].; 2024. Available from: https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2024/boletin_precios_productor_abril_2024.pdf.
9. Zambrano C, Bonilla. Análisis prospectivo de los bioinsumos agrícolas en Colombia: una consulta a expertos. Rev. Colomb. Biotecnol. 2015.
10. Turner DW. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management Bioversity International 2, editor. San José; 2005.

11. Pérez LI, Ortega F. Hongos Micorrízicos Arbusculares como Alternativa para el Cultivo Sustentable de Agave Tequilana Weber Var. Azul. *Scientia Tecnológica*. 2024; 1.
12. Avellan L, Cobeña , Vivas S. Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano 'barraganete' (*Musa paradisiaca* L.). *Revista fitotecnia mexicana*. 2020.
13. Chacon M, González M. Micorrizas Autóctonas como Indicadores de Salud y Calidad del Suelo. *RECITIUTM*. 2024.
14. Gío-Trujillo JA. Behavior of Cucurbita pepo L. var. "Grey Zucchini", in native arbuscular mycorrhizal fungi propagation in soils with different managemen. *Biotecnia*. 2024; 26.
15. Castro Ladino M. EFECTO DE MICORRIZAS EN RAÍCES DE PLÁNTULAS DE MUSA AAB (SUBGRUPO PLÁTANO) DOMINICO HARTÓN EN CAMAS DE MULTIPLICACIÓN. Universidad de Caldas. 2024.
16. Prieto Benavides OO, Urdánigo Zambrano JP. Beneficios de las micorrizas arbusculares en técnicas de fitorremediación para descontaminación de suelos en Ecuador. *Pentaciencias*. 2024; 6.
17. Martinez , Osório N, Garrido. Efectividad de hongos micorrizo-arbusculares nativos en suelos con diferentes usos agropecuarios. *MVZ Córdoba*. 2029.
18. Garzón P. IMPORTANCIA DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES (MA) PARA UN USO SOSTENIBLE DEL SUELO EN LA AMAZONIA COLOMBIANA. *Luna Azul*. 2026.
19. Martínez J, Osorio N, Garrido J. Efectividad de hongos micorrizo-arbusculares nativos en suelos con diferentes usos agropecuarios. *MVZ Córdoba*. 2029.
20. Uc-Ku G, Enríquez , Carrillo. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2019.
21. Sun , Hesam Shahrajabian M. The Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Microbial Biostimulant, Sustainable Approaches in Modern Agriculture. *Biotechnology Research Institute*. 2023.
22. Rivera Espinosa R, Martín Alonso. Bases y beneficios del manejo conjunto de Canavalia ensiformis e inoculantes micorrízicos en la producción agropecuaria. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2022.
23. Ferrás-Negrín , Rivera-Espinosa R. Respuesta preliminar de la canavalia a la inoculación micorrízica en un ambiente edáfico de Jibacoa. *Agronomía Costarricense*. 2024.
24. Da Rui RF, Schiavo JA, Santos SC. Growth and mineral nutrition of banana seedlings cv. Grand Naine inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Comunicata Scientiae – Horticultural Journal*. 2022.
25. Del Mastro NL. Crucial role of fungi in environmentally sustainable agriculture. *Delos*. 2024.
26. Vivas S, Tacuri T, González P. Fertilización con magnesio en la morfología, producción y eficiencia de nutriente del plátano barraganete. *RECIAMUC*. 2023.
27. Avellan , Calvache Á, Coveña. Curva de absorción de nutrientes por el cultivo de plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.). *Tsafiqui*. 2015.