

Efectividad de las aplicaciones de micorrizas, azotobáctery humus de lombriz en plantaciones de plátano.

Effectiveness of the applications of mycorrhizas, azotobáctery humus of worm in plantations of banana.

Autores: M Sc. Martha Jorín-Galano¹ Dr. C. Manuel Riera-Nelson² M Sc. Juana Iris Duran-Cos² M. Sc. Ángela Gisela Planas-Riverot¹ M Sc. Luís A. Planas-Mediaceja¹

Organismo: Escuela Provincial de Capacitación José Martí. MINAG. Guantánamo, Cuba¹. Facultad Agroforestal. Universidad Guantánamo, Cuba².

Resumen.

En condiciones de campo en suelo Sialítico se evaluaron los efectos de las aplicaciones de biofertilizantes y humus de lombriz en los indicadores de rendimiento en plantaciones establecidas de plátano en la CCSF Enrique Campos Caballero. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar con arreglo factorial basado en tres niveles de humus de lombriz (0, 3 y 6 Kg. planta) y tres variantes de inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con *azotobacter* en 0, 2 y 4 sitios de aplicación, con una dosis de 20 g. planta de *azotobacter* y 100 g.planta⁻¹ de micorriza a los 120 días de la plantación. Los resultados mostraron que el empleo de la dosis 3 y 6 kg. planta⁻¹ de humus de lombriz y la inoculación de las combinaciones HMA y *azotobacter* en 4 puntos, incidió positivamente en las variables rendimiento del cultivo de plátano para las principales variables y momentos evaluados.

Palabras claves: biofertilizantes, *azotobacter*, humus de lombriz, plátano, micorrizas.

Abstract.

Under field conditions in soil sialitico evaluated the effects of the applications of biofertilizers and vermicompost performance indicators established banana plantations in the CCSF Enrique Campos Caballero. Experimental design was a randomized block with factorial arrangement based on three levels of vermicompost (0, 3 and 6 kg plant) and three variants of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with *azotobacter* at 0, 2 and 4 application sites with a dose of 20 g. 100 *azotobacter* plant and mycorrhizal g.plant⁻¹ at 120 days after planting. The results showed that the use of doses 3 and 6 kg. plant⁻¹ vermicompost and inoculation of AMF and *Azotobacter* combinations 4-point variables positively affected banana crop yield for the main variables and moments evaluated.

Keywords: biofertilizantes, *azotobacter*, banana, mycorrhizal, worm humus.

Introducción.

Cuba, con las nobles ideas de satisfacer las necesidades alimentarias del pueblo, asumió también el modelo de desarrollo agrícola totalmente dependiente de insumos altamente costosos y hoy en día no se está exento de los grandes problemas que en otros países ha causado. Actualmente se enfrenta una situación donde el reto fundamental es producir alimento de manera sostenible. Los fertilizantes orgánicos son productos naturales que incrementan la disponibilidad de nutrientes en el suelo y generan sustancias que estimulan el crecimiento vegetal, lo que se revierte en una agricultura más orgánica y sustentable, además repercute positivamente en el equilibrio de las poblaciones microbianas que habitan en el mismo (Rodríguez *et al.*, 2007).

Se han realizado diferentes estudios que han demostrado la posibilidad del uso de diferentes microorganismos como alternativa biológica para la nutrición de las plantas, destacándose entre ellos las bacterias y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Estos microorganismos son considerados como insumos biológicos de enorme potencial en la agricultura, gracias a sus efectos positivos sobre la adaptación y crecimiento de una gran variedad de cultivos. Además, los hongos micorrízicos son componentes clave para el desarrollo de la biota del suelo, por su gran capacidad de interacción con diferentes especies microbianas, a la vez que pueden modificar muchos aspectos de las propiedades físicas en la zona rizosférica (Martínez, 1994, citado por Riera ,2003).

El uso de micorrizas arbusculares y bacterias rizosféricas del género *Azotobacter* constituye una práctica común en la agricultura de Cuba y muchos países del mundo, debido fundamentalmente al papel crucial que estas cumplen en la nutrición de muchos cultivos agrícolas y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas (Medina, 2004). Las bacterias fijadoras de nitrógeno de forma asociativa como es el caso de *Azotobacter chroococcum* viven en la zona rizosférica de las plantas y utilizan como nutrientes las sustancias contenidas en las secreciones de las raíces, suministrando a estas el nitrógeno que fijan. Al mismo tiempo, sintetizan aminoácidos, citoquininas, auxinas, giberelinas, ácido orgánicos y péptidos de bajo peso molecular, entre otras sustancias, las cuales actúan como estimuladores del crecimiento vegetal (Dibut , 2009).

Por otro lado la búsqueda de altos rendimientos y una agricultura ecológica hace más frecuente también la aplicación de humus, sustancia variada que resulta de la descomposición de materia orgánica de origen animal y vegetal bajo la acción de los microorganismos y el proceso de transformación realizado por la lombriz de tierra (González *et al.*, 2008).

En este sentido se han realizado diferentes estudios en el cultivo del plátano (*Musa spp*) evaluándose el efecto combinado de estos microorganismos, porque constituye uno de los cultivos de mayor importancia en los países tropicales y subtropicales por su gran importancia en la alimentación humana y la industria. Sus frutos constituyen un ejemplo básico en la dieta de la población. Es el cuarto cultivo más importante del mundo, considerado un producto básico y de exportación, fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo.

El cultivo de plátanos demanda de elevados requerimientos nutritivos, sobre todo de Potasio y Nitrógeno, para obtener altos y estables rendimientos en el tiempo, que si no se le suministran pueden llegar a esquilmar el suelo o no lograrse su rendimiento potencial (Díaz, 2005). Las limitaciones con los fertilizantes químicos en el país, que solo llegan a suplir alrededor del 25% de las necesidades nutricionales del cultivo, obligan a tener en cuenta otras variantes de fertilización, para suministrarle a este y al suelo los nutrientes necesarios.

La microbiota del suelo juega un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, razón por la cual la introducción de microorganismos beneficiosos, mediante las técnicas de inoculación está ocupando la atención de los investigadores en el mundo contemporáneo.

Desarrollo.

Materiales y métodos

Para el cumplimiento de los objetivos del trabajo, el experimento se realizó en condiciones de campo, en el periodo comprendido de octubre de 2010 a noviembre del 2011, en áreas de la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF) Enrique Campos Caballero.

El suelo donde se efectuó el experimento se clasifica como Pardo Sialítico mullido carbonatado según MINAG. (1999), que se corresponde un Cambisol Eutric-Humic en el sistema internacional de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006). El pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,05 – 7,2). El contenido de materia orgánica se puede clasificar de medio, mientras el potasio se encuentra en niveles altos con valores entre 0,35 y 0,40 $\text{Cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$ de suelo. El contenido fósforo fue clasificado de medio con valores promedios entre 3,78-4,18 $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de suelo.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar con 4 réplicas y un arreglo factorial, como base para la conformación de los nueve tratamientos como a continuación se describe:
Factores

1. Tres niveles de humus
 - ✓ Cero humus.
 - ✓ 3 Kg. planta⁻¹
 - ✓ 6 Kg. Planta⁻¹
2. Tres niveles de inoculación de micorriza y azotobacter
 - ✓ Cero micorriza y azotobacter
 - ✓ Micorriza y azotobacter inoculando en 2 puntos.
 - ✓ Micorriza y azotobacter inoculando en 4 puntos.
 - ✓

No	Tratamientos:
1	Cero humus de lombriz y Cero biofertilizantes
2	Cero humus de lombriz + azotobacter y micorrizas, inoculando en 2 puntos.
3	Cero humus de lombriz + azotobacter y micorrizas, inoculando en 4 puntos.
4	Humus de lombriz (3 Kg. planta ⁻¹) + Cero biofertilizantes.
5	Humus de lombriz (3 Kg. planta ⁻¹) + azotobacter y micorrizas, inoculando en 2 puntos.

- 6 Humus de lombriz (3 Kg. planta⁻¹) + azotobacter y micorrizas, inoculando en 4 puntos.
- 7 Humus de lombriz (6 Kg. planta⁻¹) + Cero biofertilizantes
- 8 Humus de lombriz (6 Kg. planta⁻¹) + azotobacter y micorrizas, inoculando en 2 puntos.
- 9 Humus de lombriz (6 Kg. planta⁻¹) + azotobacter y micorrizas, inoculando en 4 puntos.

Las aplicaciones de humus se realizaron en forma circular alrededor del plantón en dosis fraccionadas (3 Kg. planta⁻¹ y 6 Kg. planta⁻¹), para el mejor aprovechamiento de los nutrientes que aporta este abono orgánico. La primera aplicación se realizó a los 120 días de la plantación con una dosis de 1,5 Kg. planta⁻¹ y 3 Kg. planta⁻¹ y la segunda aplicación a los 180 días (dos meses de aplicada la primera) a razón de 1,5 Kg. planta⁻¹ y 3 Kg. planta⁻¹ respectivamente.

Inoculación de los microorganismos

Se aplicó las cepas *Azotobacter spp* y *Glomus cubensis (HMA)*

La inoculación se realizó en diferentes puntos según se describe a continuación:

Los puntos de inoculación se orientaron según los puntos cardinales, en el caso de las aplicaciones en dos puntos se realizaron en la parte norte y sur de los plantones del cultivo, mientras en el caso de la aplicación en los cuatro puntos se realizaron orientados en el Norte , Sur , Este y Oeste.

Las combinaciones de biofertilizantes se aplicaron al suelo a 5 cm de profundidad y 25cm de distancia del plantón, con una dosis de 20 g. planta⁻¹ de azotobacter (10 g. planta⁻¹ por cada punto) y 100 g. planta⁻¹ de micorrizas (50 g. planta⁻¹ por cada punto). En el caso de la inoculación en cuatro puntos se realizó a razón de 20 g. planta⁻¹ de azotobacter (5 g. planta⁻¹ por cada punto) y 100 g. planta⁻¹ de micorrizas (25 g. planta⁻¹ por cada punto). En ambos casos las aplicaciones se realizaron a los 120 días después de la brotación del cultivo.

Indicadores del rendimiento y sus componentes:

Las mediciones se realizaron una vez iniciado el periodo de cosecha

- ✓ Número de manos por planta. Se determinó por el conteo directo de los mismos.
- ✓ Número promedio de dedos de las manos 1 y 2. Se determinó la sumatoria del número total de dedos de cada una de las manos 1 y 2 entre el número de manos.
- ✓ Total promedio de dedos por racimo: Total de dedos de todas las manos / número de racimo.
- ✓ Peso promedio de los dedos: Se calculó mediante la siguiente fórmula: total peso de todos los dedos del racimo/ número total de dedos del racimo.
- ✓ Peso promedio del racimo (Kg.). Se realizó de la siguiente forma: se pesó cada racimo individualmente empleándose una pesa de báscula en kilogramos y luego se promedió el peso.
- ✓ Rendimiento agrícola (t. ha⁻¹). Se estimó mediante peso promedio de los racimos (Kg.). por el número de plantas para una hectárea.

Análisis estadístico

Todos los resultados experimentales fueron sometidos a análisis de varianza bifactorial, empleando el paquete estadístico Statgraphics versión 5.0, en los casos que existieron diferencias significativas entre las medias, se utilizó como criterio discriminante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (1955) para 0,05% de probabilidad de error.

Evaluación económica

Para la evaluación económica se utilizaron los siguientes indicadores:

Costo de producción (\$ ha⁻¹), (C): Se determinó mediante la sumatoria de todos los gastos incurridos para la obtención del producto.

Valor de la producción (\$ ha⁻¹), (Vp): Se calculó mediante la fórmula: $Vp = Rend \times Precio$ de venta.

Ganancia (\$ ha⁻¹), (G): se determinó mediante la siguiente fórmula: $G = Vp - Cp$.

Relación B/C: Cociente obtenido de dividir la ganancia (beneficio) entre el costo total incurrido en las diferentes actividades en cada tratamiento. Valores de la relación B / C mayores a 1 indican el aporte de ganancia y un valor de 2 la obtención de un beneficio del 100 %. Valores de 3 o superiores corresponden a ganancias muy notables (FAO, 1980).

Resultados y discusión

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* y diferentes dosis de humus en el rendimiento y sus componentes.

En el análisis estadístico realizado a estas variables no se encontraron interacciones entre los factores en estudio, por lo que se analizaron los efectos de los factores por separado.

Efecto de diferentes dosis de humus en el promedio de dedos de las manos 1 y 2, total promedio de dedos por manos y peso promedio de los dedos.

La tabla 1 muestra que para las variables (promedio de dedos de las manos 1 y 2 y total promedio de dedos por manos), los mayores valores se alcanzan en los niveles humus de lombriz (3 y 6 Kg. planta⁻¹) existiendo diferencias significativas con respecto al no aplicado.

Tal comportamiento demuestra la efectividad del humus como un estimulador biológico de la fertilidad del suelo, lo cual influyó en el crecimiento y desarrollo de la planta, aumentando las variables estudiadas.

Comportamiento diferentes se mostró para el peso promedio de los dedos, donde no existieron diferencias significativas entre los niveles de humus para una significación de 0,05 %.

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el promedio de dedos de las manos 1 y 2, total promedio de dedos por manos y peso promedio de los dedos.

Los niveles que se aplicaron micorrizas y *azotobacter* mostraron valores mayores en todas las variables evaluadas con respecto al que no se aplicó biofertilizantes (tabla 1). Los resultados obtenidos demuestran la efectividad de estos microorganismos benéficos y su efecto estimulador de los parámetros de crecimiento y de rendimiento.

Tabla No 1. Efecto de la inoculación de HMA, Azotobacter y diferentes dosis de humus en el promedio de dedos de las manos 1 y 2, total promedio de dedos por manos y peso promedio de los dedos.

Componentes Niveles	No. promedio de dedos de las manos 1 y 2	promedio de dedos x manos	Peso promedio de los dedos
HUMUS			
Cero	15,6b	33,4b	0,25
3Kg./planta	17,1ab	39,2a	0,23
6Kg./planta	17,8a	39,5a	0,23
ES X	0,54*	1,56*	0,001ns
BIOFERTILIZANTES			
Cero	16,0b	35,7b	0,23b
Micorrizas + azotobacter en dos puntos	17,9a	40,4a	0,23b
Micorrizas + azotobacter en cuatro puntos	16,6ab	36,0ab	0,26a
ES X	0,54*	1,56*	0,001*

Efecto de la inoculación de HMA, Azotobacter y diferentes dosis de humus en el número de manos por planta, peso promedio del racimo y rendimiento del cultivo.

Efecto de diferentes dosis de humus en el número promedio de manos por planta.

La figura 1 muestra el número promedio de manos por planta, se observa que donde se aplicó la dosis de humus de lombriz 6 kg. planta⁻¹ obtuvo los mayores resultados (8,0). Tal comportamiento se debe al efecto del humus de lombriz señalado con anterioridad.



Figura 1: Efecto de diferentes dosis de humus en el número promedio de manos por planta.

Efecto de la inoculación de HMA, Azotobacter en el número promedio de manos por planta

En la figura 2 se observa como la inoculación de HMA y Azotobacter incrementaron significativamente el número promedio de manos por planta, independientemente de los puntos de aplicación. Este comportamiento está asociado a la efectividad de los biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo del cultivo que provocaron el balance nutricional suficiente para incrementar el número de manos por planta.

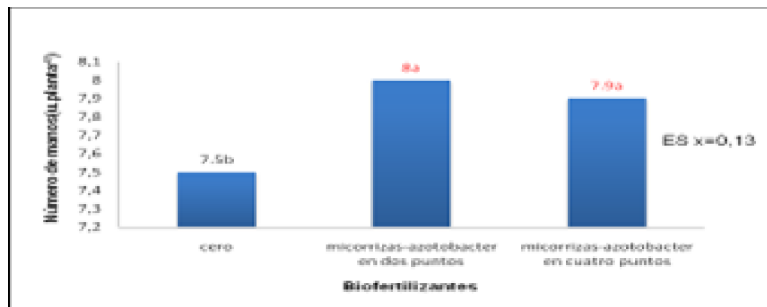


Figura 2: Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el número promedio de manos por planta.

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* y diferentes dosis de humus en el peso promedio del racimo.

Efecto de diferentes dosis de humus en el peso promedio del racimo.

En la figura 3 se observa que no existieron diferencias significativas entre los niveles de humus para la variable peso promedio del racimo.

Estos resultados muestran que los efectos del humus no fueron suficientes para demostrar una clara diferencia en este componente del rendimiento, en la etapa donde realiza las mayores extracciones de los diferentes nutrientes del suelo.

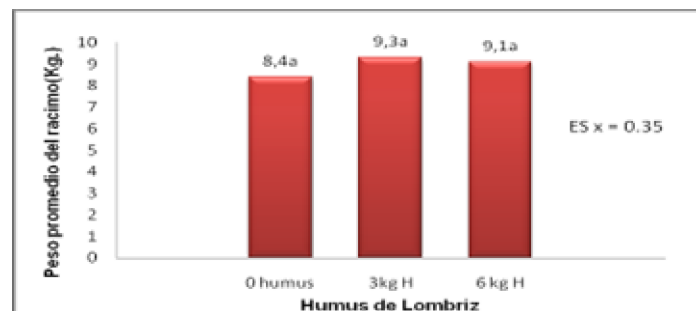


Figura 3: Efecto de diferentes dosis de humus en el peso promedio del racimo.

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el peso promedio del racimo.

Por otro lado, los niveles inoculados con la combinación *azotobacter* más micorrizas manifiestan los mayores valores para el peso promedio del racimo (9,3 y 9,5 Kg.), existiendo diferencias significativas con respecto a los no inoculados (Figura 4).

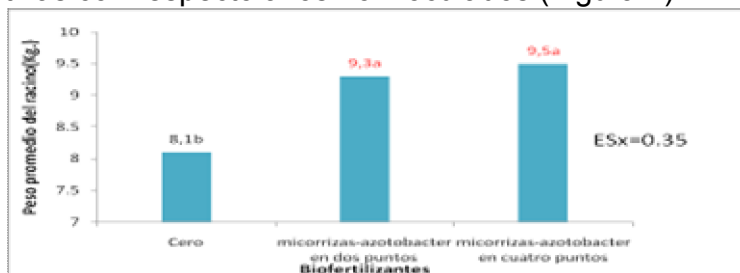


Figura 4: Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el peso promedio del racimo.

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* y diferentes dosis de humus en el rendimiento del cultivo.

Efecto de diferentes dosis de humus en el rendimiento del cultivo.

En la figura 5 la variable rendimiento, se observan los niveles donde se aplicó las diferentes dosis de humus de lombriz 3 y 6 kg. planta⁻¹ obtuvieron los mayores resultados (20,7 y 20,3 t.ha⁻¹). Esto puede deberse al efecto positivo del humus que actúa como generador del suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las dosis utilizadas han desempeñado un papel primordial como factor determinante en la producción de altos rendimientos.

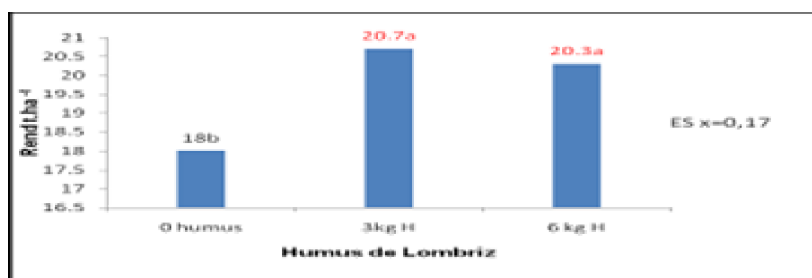


Figura 5: Efecto de diferentes dosis de humus en el rendimiento del cultivo.

Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el rendimiento del cultivo.

Con respecto a la utilización de las combinaciones de los biofertilizantes (figura 6), los mayores rendimientos se alcanzaron donde se aplicó las combinaciones en 2 y 4 puntos con valores de 20,1 y 21,3 t.ha⁻¹. Estos resultados pudieran estar dados que la presencia de micorrizas pudo movilizar gran cantidad de nutrientes que antes no estaban a disposición de las plantas, estos microorganismos generan sustancias estimuladoras que promueven el crecimiento del cultivo y esto se traduce en la obtención de rendimientos altos.

Asimismo Alarcón *et al.*, (2008) al estudiar el efecto del *Azotobacter chroococcum* y *Glomus sp* sobre el rendimiento en tubérculos del boniato (*Ipomoea batata*,) clon CEMSA 78-354. Los resultados mostraron que los mejores valores se obtuvieron donde se combinaron ambos bioproductos, con una media de 28,23 t.ha⁻¹. El empleo de estos biofertilizantes produjo un elevado efecto económico sobre este cultivo agrícola, ya que se incrementaron las ganancias, se redujeron los costos de producción y se lograron índices de rentabilidad superior al testigo.

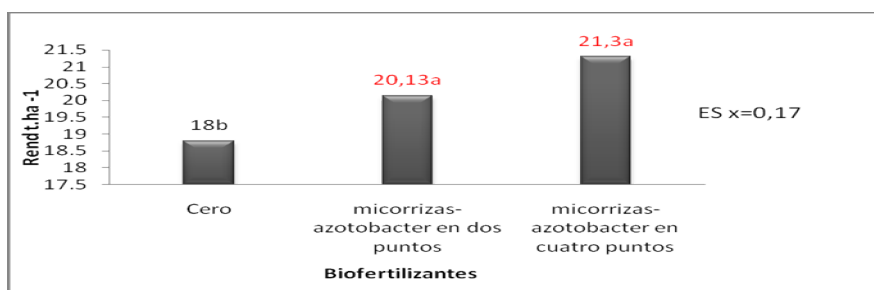


Figura 6: Efecto de la inoculación de HMA, *Azotobacter* en el rendimiento del cultivo.

Evaluación Económica de la inoculación de biofertilizantes y diferentes dosis de humus de lombriz

En la tabla 2 se muestra el análisis económico realizado en los factores en estudios, donde se obtuvo resultados más apropiados en los niveles donde se aplicó 3 kg plantas⁻¹ de humus, con una ganancia de 47 917,51 pesos, se debe destacar que los resultados con 6 kg aumentaron el costo de producción y el rendimiento del cultivo fue similar en ambos niveles, por lo que disminuyó el valor de la producción.

Para los niveles en el cual se aplicó biofertilizantes las mayores ganancias se alcanzaron en las combinaciones de micorrizas y *azotobacter* en 4 puntos con valor de 49 695,51 pesos y el valor de la relación beneficio costo alcanzó un valor 2,54. La ganancia obtenida por la aplicación de los biofertilizantes es superior al proporcionado por las dosis de humus utilizadas. Con estos resultados se evidencia la necesidad de aplicar estas alternativas en los sistemas de producción agrícola.

Tabla No 2. Evaluación Económica de la inoculación de biofertilizantes y diferentes dosis de humus de lombriz.

Niveles	Costo producción de (\$.ha ⁻¹)	Valor de la producción (\$.ha ⁻¹)	Ganancia (\$.ha ⁻¹)	Relación B/C
Humus				
Cero Humus	18829,49	58500	39670,51	2,11
3Kg. plantas ⁻¹ de Humus	19357,49	67275	47917,51	2,48
6 Kg. plantas ⁻¹ de humus	19893,49	65975	46081,51	2,32
Biofertilizantes				
Cero biofertilizantes	18829,49	58500	39670,51	2,11
Micorriza + <i>Azotobacter</i> en 2 puntos	19529,49	65325	45795,51	2,34
Micorriza + <i>Azotobacter</i> en 4 puntos	19529,49	69225	49695,51	2,54

Conclusiones.

- 1.- El empleo de dosis de humus de lombriz y la inoculación de biofertilizantes independientemente de su ubicación incidió positivamente en las variables de rendimiento en el cultivo del plátano en las condiciones edafoclimáticas estudiadas.
- 2.- Las mayores ganancias se alcanzaron en el empleo de la dosis 3 kg plantas⁻¹ humus de lombriz y la inoculación de las combinaciones de HMA y *azotobacter* en 4 puntos alrededor de las plantas.

Bibliografía.

- Alarcón, Z. A. M., J.A.; Oliva, E.j.; Vaga, A.B & Boicet, A.F. (2008). Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus sp* en el cultivo del boniato (*Ipomea batatas* (L), Lam). 12(2).
- Calderón, M., Gonzáles, P. . (2007). Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximun*. Cv. Likoni) cultivando en suelo Ferralítico Rojo a la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 28(3).

- Dibut, B. A. (2009). Contribución de los biofertilizantes en una agricultura sin contaminación. *Agricultura Orgánica*, 15(2), 30-33.
- González, J., Ramírez F.J & Vieito L.E. (2008). *Lombricultura: Una alternativa para la conversión de los desechos orgánicos en recursos*.
- Martínez, R. (1994). *El uso de biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica*. La Habana.
- Medina, N. (2004). *La biofertilización como alternativa dentro de la Agricultura Sostenible*. Paper presented at the IV Simposio Internacional sobre caracterización y manejo de micorrizas rizosféricas, La Habana, Cuba.
- MINAG. (1999). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. La Habana.
- Riera, C. M. (2003). *Los abonos verdes. Manejo de la Biofertilización con Hongos Micorrízicos Arbusculares y Rizobacterias en Secuencias de Cultivos sobre Suelo Ferralítico Rojo.*, Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas INCA.
- Rivera, R. y F., K. (2006). *Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible*. El Caribe. La Habana.
- Rodríguez a., C. N., Peña E., Cañet., Fresneda J., Estrada J., Rey R., Fernández E., Vázquez L., Avilés R., Arozanera N., Dibut B., González R., Pozo JL., Cun R., Martínez F. . (2007). *Manual técnico para organopónicos, Huertos intensivos y Organoponía semiprotegida*. (6ta ed.).
- Speck, J. (2008). *Uso de biofertilizantes y niveles de humedad en la producción de yuca en la localidad de El Salvador*. Cuba.

Fecha de recibido: 23 abr. 2013

Fecha de aprobado: 20 jun. 2013