

Evaluación de la micorriza vesículo-arbuscular, Mycoral[®], en cormos de banano y plátano en vivero

René Antonio Medina Valdez

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Abril, 2003

Evaluación de la micorriza vesículo- arbuscular, Mycoral[®], en cormos de banano y plátano en vivero

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

René Antonio Medina Valdez

Zamorano, Honduras

Abril, 2003

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor



René Antonio Medina Valdez

Zamorano, Honduras
Abril, 2003

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por ser la luz que ilumina mi camino, por esa presencia constante y silenciosa que siempre ha marcado mi vida.

A Gladys, mi señora madre; eres magistral, gracias a tu esfuerzo soy lo que soy, gracias a tu sabiduría puedo discernir, gracias a tu ejemplo puedo luchar, eres la más bonita bendición que me pudo Dios regalar.

A Janeth, porque por ti amor mío he podido conocer las cosas dulces de la vida, porque eres mi ilusón, mis ganas de superarme y porque junto a ti he logrado la felicidad y la gracia de amar.

A la memoria de un grande, al Ingeniero Mario Bustamante, un ejemplo de lo que es ser Zamorano, maestro, amigo. El todopoderoso lo tenga en su santa gloria querido “Don Mario”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme el maravilloso privilegio de conocer la vida, por mostrarme que por más que trate de alejarme de su camino siempre volveré por sus senderos, y por hacerme ver que las huellas en la arena cuando la adversidad me aflige no son mis huellas sino las de él que me va cargando.

A mi Alma Máter, por regalarme esa formación integral que estoy seguro solamente los que hemos vivido el placer y la gloria de educarnos en Zamorano conocemos.

A mi madre Gladys Valdez por la ternura de ser mi madre, por su sencillez y por su inmenso sacrificio, gracias por estar siempre conmigo.

A mi padre, Don René, porque a pesar de que seamos distintos nos parecemos demasiado.

A María Janeth, mi esposa del alma, por su amor, por su cuota de sacrificio, por la comprensión, por creer en mí y por enseñarme a decir te amo.

A mi familia y a la familia de mi esposa, gracias por ser tan maravillosos.

Al Ing. Mario Bustamante, por la oportunidad de conocerlo y compartir la experiencia de trabajar con él.

Al Dr. Carlos Gauggel, por las sabias enseñanzas y por ser un verdadero maestro y amigo.

Al Dr. Juan Carlos Rosas por su gentil apoyo.

A los Drs. Raúl Espinal y Alfredo Rueda, por su valiosa ayuda en la parte estadística.

A Byron Reyes, Lubwia Aranda y el equipo de Biotecnología por su inmenso aporte y colaboración.

Al último grupo PIA, por ser sólo doce y por compartir ésta experiencia maravillosa. Creo que vale la pena nombrarlos, siempre los tendré en mi mente Juan Carlos, Xavier, Stalin, Xiomara, Soraya, Osman, Donaldo, Allan, Roberto, María Esther, Raúl Menéndez y Raúl Perdomo.

A Juan Carlos Solís mi compañero inseparable de aventuras; ya solamente nos falta fundar una empresa y triunfar juntos. Dios te bendiga hermano.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung (DSE), por permitirme la oportunidad de ser Zamorano siendo becario de su proyecto en el Programa de Agrónomo.

A la Nippon Foundation, por la confianza y el financiamiento para el Programa de Ingeniero Agrónomo.

Al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo (IECE), porque gracias a su aporte pude solventar las necesidades que originaron mi estadía en este país bendito.

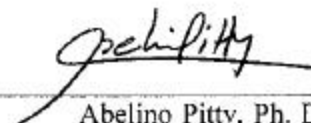
AL Sr. Roberto Rivera por la gentil donación de la semilla de plátano y a la Finca Omonita de la Compañía “Chiquita Brands” por la donación de la semilla de banano.

RESUMEN

Medina, R. 2003. Evaluación de la micorriza vesículo-arbuscular, Mycoral[®], en cormos de banano y plátano en vivero. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 19 p.

El plátano y banano son cultivos de gran importancia para las economías de los países del mundo tropical. Uno de los mayores problemas agronómicos es la obtención de plantas altamente adaptadas a condiciones edáficas subóptimas. Una alternativa para superar este inconveniente es la inoculación de los cormos con Mycoral[®] ya que las micorizas aumentan la absorción de agua, nutrientes y el crecimiento de las plantas. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de Mycoral[®] en el crecimiento de plántulas de plátano "Curaré Enano" y banano "Williams". Para el ensayo se usaron 160 cormos de cada cultivo distribuidos en cuatro bloques; se usaron dos tratamientos, cormos inoculados con 200 g de Mycoral[®] y cormos sin inoculación (testigo) los cormos fueron agrupados según el peso inicial y se asignaron a los tratamientos al azar al momento de la siembra. Para la variable altura de la planta se hizo un análisis de regresión. Para las variables largo de hoja, ancho de hoja, raíz más larga, raíz más corta, número de raíces; peso seco de la parte aérea, cormo y raíces; número de esporas, porcentaje de infección de raíces y absorción de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, y B, se realizaron pruebas t ($P \leq 0.1$). Los resultados de la regresión en plátano indican que la inoculación con Mycoral[®] aumenta el crecimiento y este aumento es mayor en los cormos más grandes; las plantas con Mycoral[®] tardaron 8 días menos en alcanzar la altura para trasplante, lo que representa un ahorro de US\$ 0.13 por planta. En banano no se observó el mismo efecto; las plantas no alcanzaron la altura para trasplante (25 cm) al momento en que terminó el estudio. En plátano, el Mycoral[®] permitió mayor acumulación de peso seco en cormo y en la parte aérea, en 90 y 43% más que el testigo, respectivamente. A pesar de que la tendencia a la absorción de nutrientes es mayor en la inoculación con Mycoral[®], no se encontraron diferencias estadísticas para plátano; sin embargo, en banano este tratamiento fue 9% superior en la absorción de Cu, 9% en Mn y 3% en Zn. El número de esporas fue 41% mayor para plátano y 210% para banano, en las plantas inoculadas, comparado con el testigo. Además, se observó un mayor porcentaje de infección de las raíces (352%), en plantas de banano inoculadas con Mycoral[®].

Palabras clave: Aclimatación, biofertilizante, hongos benéficos, inoculación, *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*.



Abelino Pitty, Ph. D

NOTA DE PRENSA

MYCORAL® UNA ALTERNATIVA PARA LOS PRODUCTORES DE PLÁTANO Y BANANO

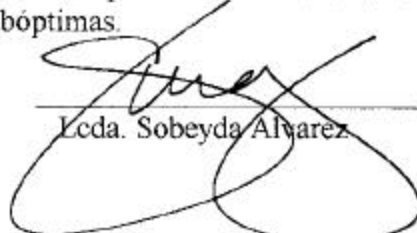
Mycoral® es un producto biológico 100% natural y ecológico, compuesto por un sustrato de suelo de textura franca enriquecido con especies de micorrizas altamente eficaces, las cuales permiten mejorar significativamente el crecimiento de las plantas al aumentar la actividad de sus raíces y permitir una mayor absorción de agua y nutrientes. Las plantas se adaptan mejor en el campo y son altamente productivas.

Zamorano en su constante interés de poner la tecnología al servicio de los productores, durante el año 2002 promovió estudios para evaluar el efecto de la inoculación de Mycoral® en plátano "Curaré Enano" y banano "Williams". Las plantas de plátano respondieron positivamente a la inoculación con 200 g del hongo micorrítico, independientemente del peso inicial del corno al momento de la siembra. Estas alcanzaron la altura de transplante (25 cm) ocho días antes que las plantas no tratadas. Esta precocidad representa un ahorro de \$ 0.13 en la producción por cada planta.

Las plantas que recibieron el tratamiento con Mycoral® acumularon un 90% más de peso seco en el corno y 43% en la parte aérea. También fueron superiores al testigo en un 41% en el número de esporas presentes en el suelo. En cuanto a la absorción de nutrientes, la tendencia de las plantas micorrizadas fue superior pero no se encontraron diferencias estadísticas.

Para el banano, la inoculación con Mycoral® no tuvo efecto en el crecimiento. Las plantas tratadas y testigos no alcanzaron la altura de transplante antes de los 105 días, momento en el que se terminó el ensayo. Sin embargo, la inoculación favoreció en un 210% el número de esporas en el suelo y un 352% el porcentaje de infección de las raíces. El estudio concluye que las micorrizas invaden favorablemente el sistema radicular de las plantas. El Mycoral® en banano mejoró en un 9% la absorción de cobre y manganeso, y un 3% en la de zinc; la tendencia fue mejor para otros elementos pero no existieron diferencias estadísticas.

La aplicación de Mycoral® es efectiva en plantas de plátano y banano, las cuales pueden expresar mejor su potencial. Aunque las condiciones de Zamorano no son las más adecuadas para el crecimiento de las musáceas, este estudio se puede considerar un buen ejemplo para productores que trabajan en situaciones subóptimas.



Lcda. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimientos a patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Nota de prensa.....	ix
Contenido.....	x
Índice de cuadros.....	xii
Índice de figuras.....	xiii
Índice de anexos.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos epecíficos.....	2
2. MATERIALES Y METODOS.....	3
2.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO.....	3
2.2 MATERIALES.....	3
2.2.1 Matetrial de siembra.....	3
2.2.2 Medio de crecimiento.....	3
2.2.3 Recipientes para la siembra.....	4
2.2.4 Inoculante micorriza vesículo-arbuscular Mycoral®.....	4
2.3 METODOS.....	4
2.3.1 Tratamientos.....	4
2.3.2 Variables medidas y método de medición.....	4
2.3.3 Análisis Estadístico.....	5
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	6
3.1 PLATANO.....	6
3.2 BANANO.....	8
3.3 ANALISIS DE COSTOS DE PLATANO.....	9

3.4	ANALISIS DE COSTO PARA BANANO.....	12
4.	CONCLUSIONES.....	13
5.	RECOMENDACIONES.....	14
6.	BIBLIOGRAFIA.....	15
7.	ANEXOS.....	16

INDICE DE CUADROS

1. Efecto de Mycoral [®] en dimensiones y pesos de hojas, raíces y cormos de plátano “Curaré Enano”(90 días después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.....	7
2. Absorción de nutrientes en plantas de plátano “Curaré Enano” (90 días Después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.....	7
3. .Efecto de Mycoral [®] en dimensiones y pesos de hojas, raíces y cormos de banano “Williams” (90 días después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.....	9
4. Absorción de nutrientes en plantas de plátano “Curaré Enano” (90 días después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003...	10
5. Costos de la producción de plantas de plátano en casa de malla con inoculación con Mycoral [®] y según los pesos iniciales de cormo.....	10
6. Costos de producción de plantas de plátano “Curaré Enano” en casa de malla en Zamorano, Honduras, 2003.....	11

INDICE DE FIGURAS

1. Efecto del peso inicial del corno, el tiempo y el uso de Mycoral[®] en la altura de plantas de “Curaré Enano”6
2. Efecto del peso inicial delcorno,el tiempo y el uso de Mycoral[®] en la altura de la planta de banano “Williams”8

INDICE DE ANEXOS

1. Análisis del medio usado en la siembra de las plantas.....	17
2. Análisis foliares para plátano y banano al final del ensayo.....	18
3. Requerimientos nutricionales mínimos y máximos para los cultivos de plátano y banano.....	19

1. INTRODUCCION

El banano y el plátano se consideran el cuarto producto alimenticio más importante del mundo; superado tan sólo por el arroz, trigo y la leche en términos de su valor total de producción (FHIA, 1994). Entre los dos cultivos, el banano tiene mayor extensión sembrada; en la actualidad las exportaciones de ésta fruta ocupan la cuarta posición en volumen, siendo la primera en el ámbito de frutas frescas (Sabio *et al.*, 2001).

Las micorrizas son hongos benéficos que se asocian al sistema radicular de la mayoría de las plantas. Esta asociación les permite a la mayoría de los cultivos mejorar su tasa de crecimiento, enfrentar las deficiencias nutricionales con una mejor respuesta a las situaciones adversas y tener mayor tolerancia al ataque de patógenos (Sieverding, 1991). Las micorrizas a través de sus hifas penetran a la corteza de las raíces y el suelo; permitiéndole así a la planta absorber agua y nutrientes, recibiendo de la planta carbohidratos para su nutrición (Raddatz, 2002)¹.

Las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM) tienen efectos positivos en la absorción de nutrientes y de agua en la mayoría de las plantas; sin embargo, en banano no hay mucha información reportada, haciéndose necesario la conducción trabajos de investigación al respecto (Stover y Simmonds, 1987).

En Zamorano, se han realizado algunos trabajos para medir la incidencia en el crecimiento de plátano micropropagado o sembrado a partir de cormos en vivero, que sugieren respuestas más definidas. Trabajos realizados en plátano Curare Enano, en vivero, demostraron que el uso de Mycoral[®] aumentó la altura de la planta, diámetro, peso fresco y seco de biomasa aérea y peso fresco de raíces, a las 10 semanas después de sembradas. (Moreno, 2002).

En otros estudios en plátano, el Mycoral[®] tuvo un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de la planta en vivero en las primeras seis semanas; estos efectos no fueron afectados por el fósforo (42 ppm) presente en el medio de crecimiento. Las plantas con Mycoral[®] fueron mejores y presentaron una diferencia significativa de 29.7% en altura, 52.7% en peso seco de raíces y 45.7% en peso seco del pseudotallo y hojas (Macz, 2001).

¹ Raddatz, E. 2002. Generalidades del uso de las micorizas. El Zamorano. Honduras. (Comun. Pers.).

Se ha trabajado en inoculaciones *in vitro* y *ex vitro* de plantas de plátano. Reyes *et al* (2001), señalan que, en las plantas inoculadas tanto *in vitro* como *ex vitro*, el efecto del Mycoral[®] fue muy notorio. Esto se puede deber a que la micorriza actúa mejor cuando hay condiciones subóptimas; éstas plantas estaban estresadas debido al alto grado de contaminación que presentaron en el laboratorio.

Calla (2002) indica que Mycoral[®] es un agregado de tres especies de hongos micorríticos, el efecto del producto en los cultivares “Cuerno” y “FHIA-20” en un ensayo realizado en Zamorano fue bajo posiblemente a una baja compatibilidad entre las razas del producto y las plantas de plátano.

En frutales, las VAM (Micorizas Vesículo Arbusculares) son esenciales para su desarrollo; estos hongos por medio de sus hifas, actúan como una red que explora una mayor superficie de suelo, y por medio de procesos bioquímicos aumentan la absorción de nutrimentos, principalmente Mg, Ca, P, Cu, B, Mn, Zn. La asociación también permite la tolerancia al estrés hídrico (Ferrera y Pérez, 1995).

Mokerji, *et al* (2000), manifiestan que en *Musa acuminata* la inoculación de micorizas en un medio con presencia de *Radophulus similis* retardó el crecimiento de las raíces, sin embargo éste efecto fue anulado cuando la micorriza fue inoculada al mismo tiempo o una semana previo a la inoculación del nemátodo. Este efecto positivo probablemente se note también en otras variables biológicas relacionadas a la acumulación de materia seca crecimiento y desarrollo de éstas plantas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Determinar el efecto de Mycoral[®] sobre el crecimiento de plántulas de plátano “Curaré enano” y banano “Williams” a partir de cormos.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Determinar las diferencias en el desarrollo y crecimiento de plántulas de banano y plátano en vivero inoculadas con Mycoral.
2. Evaluar las diferencias en la absorción de nutrientes en plantas aplicadas con Mycoral[®].
3. Determinar las ventajas económicas de la inoculación con micorizas en plántulas de plátano y banano.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en casas de malla cubiertas con tela de sarán de 50% sombra, del Programa de Biotecnología Aplicada de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada a 30 km de Tegucigalpa, Honduras; a una altitud de 800 msnm, con una precipitación anual promedio de 1100 mm y una temperatura promedio de 22 °C. Durante los meses de junio a octubre que se realizó el ensayo el promedio de temperatura máxima fue 32.7 °C, 19.4 °C la temperatura mínima y el promedio general de temperatura fue de 24.2 °C. Las plantas fueron regadas a diario durante una hora utilizando mangueras.

2.2 MATERIALES

2.2.1 Material de siembra

Para la siembra en el vivero, se usaron 160 cormos de la variedad de banano “Williams”, procedentes de la Finca Omonita de Chiquita Brands Co., ubicada en la costa norte; y 160 cormos de la variedad de plátano “Curare Enano” procedentes del Departamento de El Paraíso. Los cormos no fueron desinfectados.

2.2.2 Medio de crecimiento

Se utilizó como medio para la siembra suelo proveniente del área de Recursos Naturales, mezclado con arena de río en una proporción 2:1, éste medio no fue esterilizado. Previo a la siembra, el medio fue analizado para determinar los niveles de macro y micronutrientes de mayor importancia (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, S, Cu, Mn, B), (Anexo 1), encontrando que el medio tenía 26 ppm de P adecuado al crecimiento de las micorrizas, el porcentaje de materia orgánica fue de 2.01% y el pH fue moderadamente ácido (5.63) (Anexo 1). Además en el análisis microbiológico se determinó la presencia de 21 esporas de micorrizas por mililitro de sustrato.

2.2.3 Recipientes para la siembra

Los cormos fueron sembrados en bolsas plásticas para vivero de 0.015 de espesor x 30.5 cm de diámetro x 35.5 cm de altura. Cada bolsa contenía 0.02m³.de sustrato.

2.2.4 Inoculante micorriza vesículo-arbuscular (Mycoral[®]).

En cada ensayo se utilizó Mycoral[®], producto biológico que contiene tres especies de hongos micorrizadores (*Glomus sp*, *Acaulospora sp* y *Entrophosphora sp*), en forma de esporas, hifas, y raicillas con hifas, producido en Zamorano, Honduras.

2.3 METODOS

2.3.1 Tratamientos

Los dos ensayos tenían los siguientes tratamientos.

T1: Testigo sin Mycoral[®]

T2: Con Mycoral[®] (200 g/planta).

2.3.2 Variables medidas y método de medición

- Altura de pseudotallo (cm): desde la base del suelo hasta la formación de la V entre la primera y segunda hoja de la planta. Para el caso del plátano se lo hizo cada quince días a partir de la siembra hasta los 90 días. En el banano, se procedió de la misma manera pero la última medición se hizo a los 105 días.
- Número de raíces: la planta fue sacada del medio de crecimiento y se procedió a contar las raíces presentes.
- Longitud de la raíz más larga (cm): de todas las raíces se seleccionó la raíz de mayor longitud.
- Longitud de la raíz más corta (cm): de todas las raíces se seleccionó la raíz de menor longitud.
- Peso seco de la parte aérea (g): el pseudotallo y las hojas fueron separados del cormo y secados en el horno a 65 ° C.
- Peso seco de las raíces (g): las raíces fueron separadas del cormo y se procedió a secarlas en el horno a 65 °C.
- Peso seco del cormo (g): el cormo también fue secado en el horno a 65 ° C.
- Longitud de la tercera hoja de la planta (cm).
- Ancho de la tercera hoja de la planta (cm).
- Cantidad de esporas en 1 ml del medio de crecimiento. Las muestras del medio de crecimiento fueron analizadas en el Laboratorio de Biotecnología de Zamorano.
- Porcentaje de infección de las raíces: se tomaron muestras de raíces secundarias y terciarias que fueron analizadas en el Laboratorio de Biotecnología de Zamorano.
- Análisis foliar para determinar la absorción de nutrientes a los 90 días para plátano y 105 días para banano. (Anexo 2).

- Análisis económico para determinar si existe alguna diferencia entre los tratamientos. Todas éstas variables fueron procesadas al final del ensayo, 90 días para el plátano y 105 días para el banano. Se seleccionaron tres plantas, la de mejor, la promedio, y la de menor comportamiento.

2.3.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en ambos ensayos fue un BCA, con cuatro repeticiones que fueron asignadas por peso inicial del corno, se diferenciaron cuatro bloques y en cada bloque se aplicaron los dos tratamientos. Cada 15 días se midió la altura de las plantas y el crecimiento se ajustó mediante una regresión lineal utilizando el programa MINITAB[®] 2000.

Para las variables de rendimiento y los niveles de micro y macronutrientes se utilizó el programa MINITAB[®] 2000. Se hizo una comparación con la prueba t para determinar si el tratamiento micorrizado era mejor que el testigo a una $P = 0.10$.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 PLATANO

La altura de las plantas se puede explicar mejor ajustada a un modelo de regresión lineal, que es el que define con precisión los efectos de la aplicación de la micorriza, el peso inicial del cormo y el tiempo para ésta variable.

Regresión lineal para altura de plátano.

$$\text{Altura (cm)} = (-8.64 + 0.0241 \text{ peso de cormo} + 0.318 \text{ días} + 2.62 \text{ Mycoral}^{\text{®}})$$

Dónde Altura (cm) = altura de las plantas desde la base de la planta hasta la unión de las dos hojas más nuevas; - 8.64 es una constante; peso de cormo = peso del cormo a la siembra (rango 204 – 591 g); días = crecimiento de la planta por día; Mycoral[®] = efecto del Mycoral[®] en la altura de las plantas (cm), dónde 0 = testigo y 1 = Mycoral[®]. El valor R² ajustado para el modelo fue de 0.77.

Se puede afirmar que el plátano “Curare Enano” incrementa su altura en 0.024 cm por cada gramo adicional en el peso del cormo; por cada día aumenta 0.318 cm y la inoculación con Mycoral[®] favorece el incremento de la altura en 2.62 cm (Figura 1).

Para comercializar las plántulas de plátano se requiere que éstas tengan 25 cm de altura. Usando cormos pequeños sin Mycoral[®] se requiere 86 días. Con Mycoral[®] y cormos grandes se requiere 56 días acortando el período de vivero en 30 días lo que representaría un incremento de 50% en la producción anual del vivero.

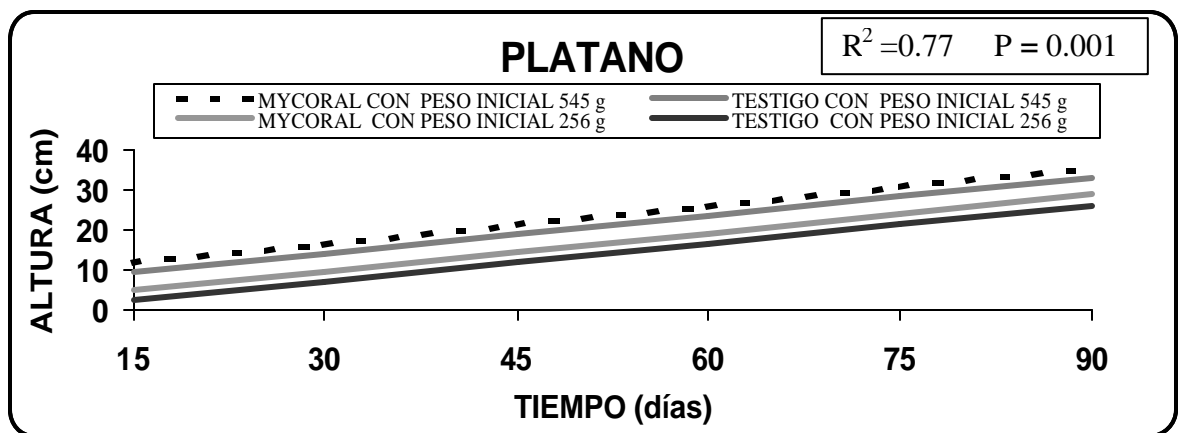


Figura 1. Efecto del peso inicial del cormo, el tiempo y el uso de Mycoral[®] en la altura de plantas de “Curaré Enano”. $\text{Altura (cm)} = (-8.64 + 0.0241 \text{ peso de cormo} + 0.318 \text{ días} + 2.62 \text{ Mycoral}^{\text{®}})$

Cuadro 1. Efecto de Mycoral® en dimensiones y pesos de hojas, raíces y cormos de plátano “Curaré Enano”(90 días después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.

Mycoral®	Largo hoja	Ancho hoja	Raíz		N° raíces	Parte aérea	Corno	Raíces	N° E	% I R
			larga	corta						
			Cm		g					
Sin	30.9	16.8	52.3	2.5	25.9	53.9	46.3	3.3	10.8	10.2
Con	33.1	18.1	55.0	1.8	20.0	77.1*	88.2*	2.9	15.2*	11.2
P	0.24	0.24	0.37	0.86	0.89	0.10	0.02	0.64	0.10	0.45

* El tratamiento con Mycoral® es mayor que sin Mycoral® en la prueba t = 0.1. N° E = Número de esporas / ml suelo, % IR = Porcentaje de infección de raíces y P = probabilidad.

A los 90 días, se cosecharon 3 plantas de los dos tratamientos por cada repetición. En las plantas con Mycoral® existió una tendencia superior al testigo en la mayoría de las variables; sin embargo, sólo se encontraron diferencias estadísticas en peso seco del corno (90.5% a P = 0.02), peso seco de la parte aérea (43.0% a P = 0.10) y en el número de esporas (40.7% a P = 0.10). Es probable que ésta diferencia se haya dado debido a que en ésta etapa de desarrollo la planta de plátano suele acumular grandes reservas de agua y carbohidratos en su corno, lo que se manifiesta en una mayor área foliar. A pesar de la presencia de esporas de micorrizas nativas en el medio, el tratamiento con Mycoral® fue superior (Cuadro 1).

Los niveles de K, S y B son bajos para cada tratamiento, el Mg es alto y el Zn es bajo dónde no se micorizó. Los demás nutrientes están en niveles aceptables. Comparar (Cuadro 2) con (Anexo 2).

Cuadro 2. Absorción de nutrientes en plantas de plátano “Curaré Enano” (90 días Después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.

Mycoral®	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Sin	3.9	0.2	3.7	1.0	0.6	0.2	10.3	131.5	264.8	19.5	19.5
Con	3.8	0.2	3.8	0.9	0.5	0.2	10.5	133.0	271.8	24.0	16.8
P	0.50	0.16	0.45	0.15	0.48	0.15	0.20	0.25	0.31	0.44	0.15

* El tratamiento Mycoral® es mayor que el testigo en la prueba t = 0. Donde TRT = Tratamiento.

Las plantas no fueron fertilizadas. Para la absorción de nutrientes no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. A la edad de las plantas de plátano evaluadas no se produce una gran absorción de los mismos, sin embargo, se puede notar mejor absorción de S, Cu, Mn, Zn, B en Mycoral[®] (Cuadro 2).

3.2 BANANO

El crecimiento de las plántulas de plátano bajo las condiciones de Zamorano se explica en la siguiente ecuación. **Altura (cm)** = $(-0.25 + 0.294 \text{ días} - 4.43 \text{ Mycoral}^{\text{®}})$.

Dónde Altura = altura de las plantas medidas desde la base de la planta hasta la unión de las dos hojas más nuevas; - 0.25 es una constante; peso de cormo; días = crecimiento de la planta por día; Mycoral[®] = efecto del Mycoral[®] en la altura de las plantas (cm), dónde 0 = testigo y 1 = Mycoral[®]. El valor R² ajustado para el modelo fue de 85%.

A partir de ésta ecuación, se puede concluir que por cada día incrementamos 0.294 cm. y que el Mycoral[®] afecta el crecimiento de la planta en - 4.43 cm. En el ensayo las plantas que fueron micorizadas, independientemente del peso inicial del cormo no alcanzaron la altura de 25 cm definida para el transplante antes que el testigo (Figura 2).

En banano no se encontraron diferencias significativas en las variables de rendimiento entre el Mycoral[®] y el testigo, lo que podría deberse a que las condiciones de Zamorano no son favorables para de banano. El Mycoral[®] superó al testigo en número de esporas (209.6% a P = 0.01) y en el porcentaje de infección de raíces (352.1% a P = 0.01) (Cuadro 3). Esto significa que la micorriza coloniza fácilmente las raíces de banano.

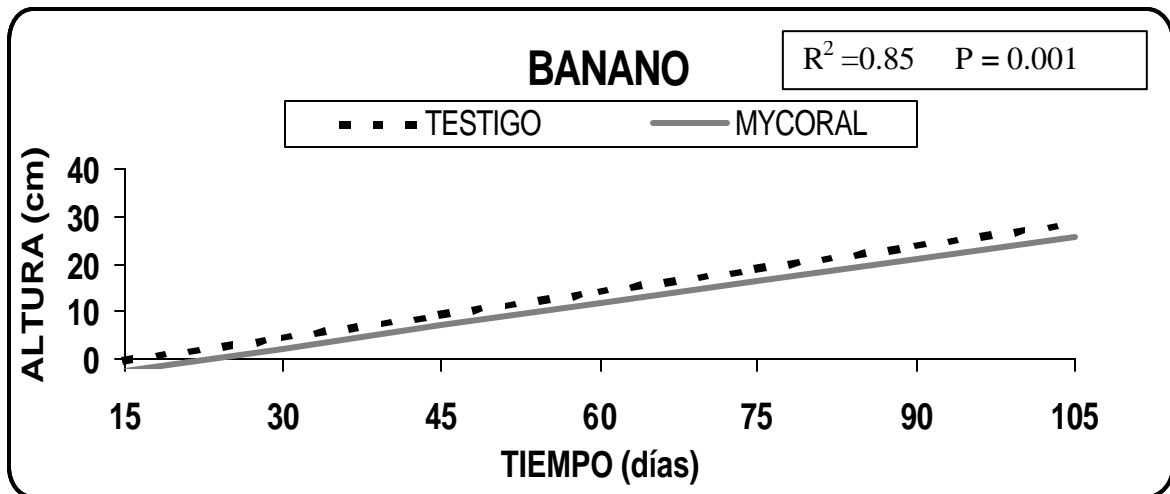


Figura 2. Efecto de peso inicial del cormo, el tiempo en y el uso de Mycoral[®] en la altura de la planta de banano “Williams”. $\text{Altura (cm)} = (-0.25 + 0.294 \text{ días} - 4.43 \text{ Mycoral}^{\text{®}})$.

Cuadro 3. Efecto de Mycoral[®] en dimensiones y pesos de hojas, raíces y cormos de banano “Williams” (90 días después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.

Mycoral [®]	Largo hoja	Ancho hoja	Raíz larga	Raíz corta	N° raíces	Parte aérea	Cormo	Raíces	N° E	% I R
	Cm					g				
Sin	31.7	15.3	50.5	1.7	40.3	64.1	60.2	3.4	8.3	6.9
Con	26.9	13.9	39.2	1.2	30.9	65.0	86.3	2.5	25.7*	31.2*
P	0.50	0.45	0.49	0.45	0.46	0.24	0.12	0.43	0.01	0.01

El tratamiento con Mycoral[®] es mayor que sin Mycoral[®] en la prueba t = 0.1. N° E = Número de esporas / ml suelo, % IR = Porcentaje de infección de raíces y P = probabilidad.

El testigo fue superior a Mycoral[®] en la absorción de nitrógeno (8.6% a P = de 0.02) y magnesio (25.0 % a P = 0.03). Mycoral[®] favoreció la absorción de cobre (8.9 % a P = 0.01), de manganeso (9.2 % a P = 0.1) y zinc (3.3 % a P = 0.06) (Cuadro 4).

El tratamiento micorrizado también fue mejor que el testigo en la absorción de S, B, pero no hubieron diferencias estadísticas (Cuadro 4). Los niveles de K, S y Zn son bajos, los demás nutrientes son aceptables. Comparar (Cuadro 2) con (Anexo 2).

3.3 ANALISIS DE COSTOS DE PLATANO

Una producción de plantas de plátano como la del estudio, utilizando una casa de malla casera de 150 m² se pueden sembrar 1500 cormos, el máximo de pérdida permitido es del 5%, es decir que se tiene un retorno de 1425 plantas. En ésta situación los costos fijos por planta serían de \$ 0.54 y el costo de mantenimiento por día sería de \$ 0.006; los costos variables por planta serían de \$ 0.93 y por día de \$ 0.01. Esto nos da un costo total por planta de \$ 1.47 y por día de \$ 0.016. En promedio las plantas tratadas con Mycoral[®] alcanzaron la altura para trasplante a los 67 días y el testigo a los 75 días. La diferencia de ocho días, representa un ahorro de \$ 0.13 por cada planta producida con Mycoral[®], un 12.1% de la inversión por planta, es decir, un ahorro de aproximadamente 200 dólares en 1500 plantas (Cuadro 6).

Partiendo de $\text{Altura (cm)} = -8.64 + 0.0241 \text{ peso de cormo} + 0.318 \text{ días} + 2.62 \text{ Mycoral}^{\text{®}}$, que es la ecuación de regresión para la altura en plátano, podemos ver que dependiendo del peso inicial del cormo, el efecto del Mycoral[®] puede representar menos tiempo de mantener las plantas en casa de malla y como consecuencia un ahorro en el costo por planta por día (Cuadro 5).

Cuadro 4. Absorción de nutrientes en plantas de plátano “Curaré Enano” (90 días Después de la siembra de cormos en bolsas de vivero) Zamorano, Honduras, 2003.

Mycoral®	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	%						Ppm				
Sin	3.8	0.2	3.7	1.0	0.5	0.1	7.8	97.8	242.5	15.3	20.0
Con	3.5	0.2	3.7	0.9	0.4*	0.2	8.5	97.0	264.8*	15.8*	23.3
P	0.02	0.30	0.23	0.12	0.03	0.24	0.10	0.37	0.01	0.06	0.24

* El tratamiento Mycoral® es mayor que el testigo en la prueba t = 0. Donde TRT = Tratamiento.

Como se puede ver en el Cuadro 5, el efecto del Mycoral® es mayor con pesos de corno mayores. En promedio independientemente del peso las micorrizas ahorran \$ 0.08. Si se siembra sin considerar el peso inicial del corno y no se inocula, el costo por día de la producción de una planta sería \$ 0.30 más, esto si se compara el tamaño menor del testigo con el tamaño mayor del tratamiento. Además con un peso de 545 g las plantas tardan 56 días, si consideramos 5 días más por los preparativos para la nueva siembra podríamos hacer 6 ciclos que superan los 4 ciclos que se harían con el testigo y el peso menor.

Cuadro 5. Costos de la producción de plantas de plátano en casa de malla con inoculación con Mycoral® y según los pesos iniciales de corno.

	Mycoral®	SinMycoral®	Mycoral®	SinMycoral®	Mycoral®	SinMycoral®
	545 g		256 g		Promedio	
Peso Inicial Cormo						
Días prom.	56	64	78	86	67	75
CF (\$ 0.006)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
CV (\$ (0.010))	0.56	0.64	0.78	0.86	0.67	0.75
CT (\$ 0.016)	0.90	0.98	1.12	1.20	1.01	1.09

Dónde días prom. son los días en promedio en que las plantas alcanzaron la altura de 25 cm, 545, 256 son los pesos promedios con que fueron sembrados los bloques, CF \$ es el costo fijo por día de producir una planta de plátano, CV \$ es el costo variable por día de producir una planta de plátano y CT \$ es el costo total por día de producir una planta de plátano en el invernadero.

Cuadro 6. Costos de producción de plantas de plátano “Curaré Enano” en casa de malla en Zamorano, Honduras, 2003.

	Cantidad	Unidad	Precio/unidad \$	Precio total \$
COSTOS FIJOS				
Equipos y materiales				
Tierra y arena	42	m ³	0.20	8.40
Bolsas plásticas	14	lb	1.47	20.60
Semilla de plátano	1500	Cormo	0.45	675.00
Subtotal				704.00
Costo de herramientas	1	Unidad	12.20	12.20
Subtotal				12.20
Mano de obra		# horas	\$/ hora	Total \$
		/hombre		
Secado y colado de tierra		28	0.52	14.56
Secado y colado de arena		28	0.52	14.56
Cargado y descargado del troco		9	0.52	4.68
Llenado de bolsas		20	0.52	10.40
Siembra e inoculación		20	0.52	10.40
Subtotal				54.60
TOTAL COSTOS FIJOS				770.80
COSTO FIJO / PLANTA				0.54
COSTOS VARIABLES				
	Cantidad	Unidad	Precio/unidad \$	Precio total \$
Renta invernadero	90	Día	1.79	161.10
Cepa de micorryza	75	Kg	1.18	88.50
Subtotal				249.60
Mano de obra		# horas	\$/ hora	Total \$
		/hombre		
Labores invernadero		844	0.52	438.88
Riego		844	0.52	438.88
Encargado – Ing. Agr.		75	2.67	200.25
Subtotal				1,078.01
TOTAL COSTOS				1,327.61
VARIABLES				
COSTO VARIABLE /				0.93
PLANTA				
TOTAL COSTOS				2,098.41
TOTAL COSTO / PLANTA				1.47

Mycoral[®] combinado con un peso de corno de 545 g nos permitiría sacar 3000 plantas (\$ 2700) más que el testigo con peso de 256 g durante un año, si éstas plantas se venden al precio de \$ 1.80 (precio más bajo en el mercado). Mycoral[®] tendría una relación Beneficio / Costo = $1.80 / .90 = 2$ para la combinación tratamiento * peso mayor; mientras que para la combinación testigo * peso menor sería de $1.80 / 1.20 = 1.50$, ésta diferencia del 33% a favor del Mycoral[®] demuestra que la aplicación en condiciones como las de Zamorano puede ser una alternativa que mejore la rentabilidad de la actividad.

3.4 ANALISIS DE COSTO PARA BANANO

Partiendo de la ecuación $\text{Altura (cm)} = -0.25 + 0.294 \text{ días} - 4.42 \text{ Mycoral}^{\text{®}}$ obtenida en la regresión para altura en banano, se encontró que las plantas inoculadas con Mycoral[®] no alcanzaron la altura establecida al momento en que se decidió llevar las plantas a transplante (105 días). La ecuación indica que las plantas tardarían al menos 118 días para alcanzar los 25 cm, mientras que las plantas que no fueron micorrizadas tardarían en el mejor de los casos 99 días. En ambas situaciones la producción bajo las condiciones del ensayo no sería atractiva económicamente.

4. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del estudio podemos concluir lo siguiente:

El Mycoral[®] si tiene un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas de plátano durante los primeros 90 días.

La inoculación del Mycoral[®] ayuda a obtener plantas de plátano con mejor desarrollo, mejor peso seco del corno, peso seco de la parte aérea y un mayor número de esporas de micorriza. Esto indica que el Mycoral[®] favorece la obtención de plantas mejor adaptadas para el trasplante al campo.

A pesar de que la aplicación de Mycoral[®] marca una tendencia favorable para la absorción de nutrientes en las plantas de plátano en vivero, estadísticamente no hay diferencias con las plantas que el testigo.

El efecto del Mycoral[®] en la altura de las plantas de plátano, representa un ahorro de \$ 0.13 por cada planta producida, o sea, un 12.1 % de la inversión por planta. Este ahorro se puede incrementar si se combina el efecto del Mycoral[®] con un mayor peso inicial del corno en el momento de la siembra.

El Mycoral[®] en los primeros 105 días del estudio no mostró tener efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de banano. Bajo éstas condiciones la producción de plantas para trasplante en Zamorano no se justificaría ni técnica ni económicamente.

La inoculación con el hongo favorece su presencia en las plantas de banano, siendo superior el número de esporas y el porcentaje de infección de raíces. Una vez inoculadas las plantas de banano, el hongo rápidamente se reproduce y coloniza las raíces.

En banano la acción del Mycoral[®] mejoró la absorción de cobre, manganeso y zinc.

Mycoral[®] es un producto que puede usarse en la producción de plantas de plátano y del cual se puede esperar una respuesta positiva en la obtención de plantas mejor adaptadas para el trasplante.

5. RECOMENDACIONES

Basándose en los resultados del estudio se recomienda:

Evaluar la respuesta de las plantas de plátano y banano a la inoculación con Mycoral[®] bajo condiciones de campo. La tendencia para la mayoría de las variables analizadas en la primera etapa de crecimiento de las plantas, nos indican que muy probablemente el Mycoral[®] tenga un impacto positivo que se traduzca en un mayor rendimiento de las variedades en estudio.

Evaluar el efecto del Mycoral[®] tanto en vivero como en campo para éstas y otras variedades de plátano y banano, bajo condiciones climáticas que favorezcan el crecimiento y desarrollo de las plantas y faciliten la expresión del potencial productivo de éstas.

Se sugiere medir la interacción del Mycoral[®] con aplicaciones foliares de nutrientes, con el fin de determinar si existe un efecto mayor al obtenido en este estudio y comprobar si éste cambio ayuda a obtener plantas listas para trasplante en menos tiempo y con una mejor rentabilidad en la producción.

Para lugares con condiciones similares a Zamorano se recomienda la inoculación y el uso de cormos de plátano de mayor peso con el objeto de obtener plantas mejor adaptadas, con menos inversión y en menos tiempo.

En estudios similares, se recomienda en la parte del análisis estadístico hacer estudios de correlación entre el peso inicial del cormo y las variables que se estén investigando.

6. BIBLIOGRAFIA

- Calla, B. 2002. Efectos del uso de Mycoral[®] durante la aclimatación y endurecimiento de plátano (*Musa spp*) Cuerno y FHIA-20 producidos a partir de ápices meristemáticos. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 33 p.
- Ferrera, R.; Pérez, J. 1995. Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, México. 1995. 233 p.
- FHIA. 1994. Guía para siembra y manejo agronómico de plátano. La Lima, Cortés, Honduras. 17 p.
- Macz, H. 2001. Evaluación de Mycoral[®] y humus líquido en el crecimiento de plátano en vivero y campo. Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras. 34 p.
- MINITAB[®]. 1999. Minitab Statistical Software. Minitab Inc. USA
- Mokerji, K.; Chamola, B.; Singht, J. 2000. Mycorrhizal biology. Kluwer Academic Iplenum Publsheus. New York. 336 p.
- Moreno, J. 2002. Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero. Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras. 48 p.
- Reyes, B.; Espinal de Rueda, D.; Rueda, A. 2001. Efecto del uso de Mycoral[®] en inoculaciones *in vitro* y *ex vitro* de plantas de plátano (*Musa spp.*) FHIA-21 producidas a partir de ápices meristématicos. Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación, El Zamorano, Honduras.
- Sabio, C.; Salgado, C.; Salgado, V.; Sáenz, V. 2001. Manual del cultivo de banano. s.n.t. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 78 p.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation GTZ. Eschborn, Federal Republic of Germany. 371 p.
- Stover, R.; Simmonds, N. 1987. Bananas. Tropical Agriculture Series. Longman Cientifical & Technical. 3 ed. New York. 468 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis del medio usado en la siembra de las plantas

ZAMORANO

CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RENE MEDINA
Institución: CCPA
Localización: Aldea Municipio
de la muestra: ZAMORANO
Departamento: FCO MORAZAN
Cultivo a sembrar:
Recomendación: Si No X

RESULTADO DE ANALISIS

Fecha de entrada: 5/07/2002

Fecha de salida: 23/07/2002

Interpretación:

A=Alto pH
M=Medio MA=Moderadamente Acido
B=Bajo

N=Normal C E
N/A=Normal/Alto PS=Poco Salino

# Lab.	Muestra	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	pH (H ₂ O)	% M.O.	% N _{total}	ppm (Disponible)										mmhos/cm C.E		
									P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B			
658	Sustrato 1 Tesis banano (cepas)					MA	M	M	M	A	A	B	N	N/A	A	N/A	N/A	N	N	PS	4.8

Responsable:


Ing. Hilda Flores

ANEXO 2. Análisis foliares para plátano y banano al final del ensayo.

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS


Fecha: 10 de octubre de 2002

Resultado de análisis foliar de plátano

Solicitante: Rene Medina

# Lab.	Muestra	%						ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
996	B 1 Testigo plátano	4.10	0.24	3.73	0.89	0.53	0.20	9	128	299	24	24
997	B1 T1 plátano	3.70	0.23	4.06	0.86	0.54	0.19	9	149	287	30	23
998	B1 T2 Plátano	3.86	0.24	4.04	0.85	0.52	0.22	10	140	269	32	15
999	B1 T3 Plátano	3.67	0.22	3.93	0.82	0.54	0.19	9	120	264	26	13
1000	B 2 Testigo plátano	3.83	0.19	3.72	0.94	0.57	0.18	9	112	250	26	18
1001	B 2 T1 plátano	3.90	0.22	3.67	0.91	0.56	0.19	9	122	292	21	17
1002	B 2 T2 Plátano	3.60	0.22	4.03	0.92	0.50	0.20	10	132	327	26	19
1003	B 2 T3 Plátano	3.68	0.23	3.98	0.94	0.51	0.19	12	132	275	23	13
1004	B 3 Testigo plátano	3.55	0.22	3.85	1.04	0.51	0.19	12	144	255	31	19
1005	B 3 T1 plátano	4.10	0.24	3.32	0.94	0.58	0.19	12	125	245	21	12
1006	B 3 T2 Plátano	3.79	0.24	3.89	0.81	0.46	0.20	12	153	238	21	17
1007	B 3 T3 Plátano	3.72	0.22	4.08	1.12	0.52	0.20	12	143	282	24	20
1008	B 4 Testigo plátano	3.98	0.22	3.48	1.21	0.64	0.21	11	142	255	23	17
1009	B 4 T1 plátano	3.64	0.22	4.01	0.91	0.48	0.19	12	136	263	24	15
1010	B 4 T2 Plátano	3.75	0.23	3.73	0.85	0.52	0.20	12	122	278	20	17
1011	B 4 T3 Plátano	4.07	0.21	3.58	0.97	0.53	0.20	11	129	246	18	17
1056	B 1 Testigo banano	3.75	0.19	3.36	1.06	0.52	0.19	10	102	306	15	20
1057	B1 T1 banano	3.62	0.19	3.62	0.84	0.40	0.18	10	106	321	17	20
1058	B1 T2 banano	3.66	0.19	3.50	0.89	0.42	0.19	10	106	282	17	23
1059	B1 T3 banano	3.52	0.19	3.24	1.02	0.44	0.19	7	99	254	17	19
1060	B 2 Testigo banano	3.82	0.17	3.94	0.93	0.44	0.03	7	105	260	17	21
1061	B 2 T1 banano	3.64	0.18	3.44	0.94	0.40	0.19	7	91	286	17	26
1062	B 2 T2 banano	3.60	0.17	3.54	1.01	0.46	0.18	7	98	271	17	18
1063	B 2 T3 banano	3.79	0.17	4.04	0.78	0.43	0.18	7	83	186	15	18
1064	B 3 Testigo banano	3.78	0.17	3.67	1.04	0.51	0.18	7	89	241	14	22
1065	B 3 T1 banano	3.47	0.19	3.50	1.00	0.48	0.19	10	104	265	14	22
1066	B 3 T2 banano	3.84	0.18	3.83	0.88	0.52	0.18	7	97	175	15	19
1067	B 3 T3 banano	3.79	0.17	4.14	0.86	0.41	0.19	7	84	208	15	22
1068	B 4 Testigo banano	3.81	0.18	3.87	0.81	0.46	0.17	7	95	163	15	17
1069	B 4 T1 banano	3.33	0.16	4.35	0.80	0.41	0.20	7	87	187	15	25
1070	B 4 T2 banano	3.42	0.18	3.61	0.93	0.45	0.18	10	88	239	12	23
1071	B 4 T3 banano	3.75	0.18	4.22	0.74	0.43	0.18	10	90	137	15	19

Responsable


 Ing. Hilda Flores

ANEXO 3. Requerimientos nutricionales mínimos y máximos para los cultivos de plátano y banano. Gauggel ¹

Cultivo		%					mg/Kg				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B
Banano	MIN	2.5	0.20	3.9	0.8	0.25	0.25	75	100	20	20
	MAX	3.0	0.40	4.2	1.4	0.40	0.80	300	700	40	30
Plátano	MIN	2.3	0.20	3.3	0.4	0.20	0.25	75	100	20	20
	MAX	3.0	0.30	3.8	1.0	0.3	0.50	300	700	40	30

Dónde MIN = requerimiento mínimo del cultivo Y MAX = requerimiento máximo del cultivo.

¹ Gauggel, C. 2002. Clase de Nutrición Vegetal. El Zamorano, Honduras. (Comunicación Personal).