

**Efectos del uso de Mycoral[®] durante la
aclimatación y endurecimiento de plátano
(*Musa spp*) Cuerno y FHIA-20 producidos a
partir de ápices meristemáticos**

Bernarda Calla Zalles

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Marzo, 2002

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efectos del uso de Mycoral[®] durante la
aclimatación y endurecimiento de plátano
(*Musa spp*) Cuerno y FHIA-20 producidos a
partir de ápices meristemáticos**

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

Por:

Bernarda Calla Zalles

ZAMORANO, Honduras
Marzo de 2002

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.

Bernarda Calla Zalles

Zamorano, Honduras
Abril, 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

Presentado por:

Bernarda Calla Z.

Aprobada:

Dinie E. Rueda, M.Sc.
Asesor Principal

Alfredo Rueda, Ph.D.
Coordinador área temática

Alfredo Rueda, Ph.D.
Asesor Secundario

Jorge Iván Restrepo M.B.A.
Coordinador de Carrera
Ciencia y Producción Agropecuaria

Mario Bustamante, M.Sc.
Asesor Secundario

Antonio Flores Ph.D.
Decano Académico

Pablo Paz, Ph.D.
Coordinador PIA

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director General

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios y a mi familia, por su apoyo y por el amor que me profesaron durante todos estos años, porque gracias a ellos cada día me acerco a cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permanecer en mí para hacerme comprender las cosas como son, para llegar a su voluntad.

A mi madre María Belén por su incansable lucha.

A mis amigos y compañeros incansables, que desde lejos se mantuvieron conmigo, Leonardo, Javier y Adriana, por ser los tres un ejemplo para mí.

A César Jácome por alegrar mi vida durante este año.

A Byron Reyes, un agradecimiento muy especial por su gran ayuda en la realización de este trabajo, por su amistad y por su forma de compartir.

A mis amigos y compañeros de Zamorano: A Melissa por su incomparable amistad, a Shadia por los increíbles momentos que pasamos, a Bárbara por sus consejos y su ayuda, a Ximena, Sonia, Jenniffer, Francisco, Braulio, Lorena, Margarita, Cecilia, Osiris, Álvaro y a los que olvide mencionar.

Al Doctor Alfredo Rueda y a Dinie de Rueda por su especial ayuda y por su inagotable paciencia.

Al Ingeniero Mario Bustamante por todo lo enseñando y todo lo aprendido, por los buenos y los malos momentos porque de todos pude obtener algo valioso que recordaré siempre.

A Ángela Luz Velez y a José Figueroa, porque en el poco tiempo de trabajar juntos me demostraron ser unas personas y jefes excepcionales, que Dios los guarde y los Bendiga.

Al equipo de Plátano, (Heidi, Jacky, Salvador, Jorssy) y a mis compañeros de vida en Olancho (Josué Vigil, Omar Concepción, Miguel Zamora y José Gómez) por los momentos que pasamos juntos, por hacer más llevadera la vida, Gracias.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Proyecto de Reactivación Agrícola post Mitch USAID/ ZAMORANO con el Programa Plátano por permitirme culminar mis estudios en Zamorano.

RESUMEN

Calla Zalles, Bernarda. 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. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 32p.

Durante las fases de aclimatación y endurecimiento de plátano propagado a partir de ápices meristemáticos las plantas sufren un estrés severo, por lo que es necesario ayudarlas en su adaptación. Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre hongos y raíces que aumentan la absorción de nutrientes y agua en la planta. El objetivo fue evaluar el uso de Mycoral® sobre el crecimiento y calidad durante estas etapas. El primer ensayo tuvo un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones; para la fase de aclimatación en invernadero se dividió la parcela mayor en plantas del cultivar Cuerno y plantas del cultivar FHIA-20, estas parcelas fueron subdivididas en: testigos, inoculadas con 20 g e inoculadas con 40 g; para la fase de endurecimiento en vivero se dividió cada uno de los tratamientos de la fase anterior en dos tratamientos nuevos, 50% de cada tratamiento fue re-inoculado y el resto no; para todos los tratamientos en ambas fases se utilizó sustrato de tierra, casulla de arroz y arena en proporción 4:2:1, se sembró una por una inoculando la planta alrededor de sus raíces, se fertilizó con 20-20-20 (N-P-K) a razón de 0.125 g por semana por bandeja de 30 celdas, las bandejas utilizadas fueron del tipo “root trainers”. No se observó diferencia significativa en crecimiento ni en calidad, pero el índice de supervivencia aumentó en casi 20% entre plantas inoculadas con 40 g y no inoculadas. Se concluyó que la mortalidad y la poca actividad de la micorriza se debió al medio usado, pues era demasiado pesado, al manipuleo de las *vitro* plantas al momento de la siembra y al exceso de fertilizante. El segundo ensayo se hizo en el cultivar FHIA-20, se sembró el 50% de las plantas no inoculadas en sustrato comercial basado en vermiculita fina y las plantas inoculadas fueron sembradas en una mezcla de este medio con Mycoral® en proporciones de 1:1; se fertilizó una vez al momento de sembrar y se utilizaron bandejas multicelda. A los 17 días de siembra se presentó 100% de mortalidad, la infección por micorriza en raíces fue nula. Se concluyó que la mortalidad fue debida a un exceso de retención de agua en el medio. El tercer ensayo se realizó con el cultivar Cuerno, se inoculó el 50% de las plantas en aserrín descompuesto y el resto en una mezcla de aserrín descompuesto y Mycoral® en proporción 1:1 en la fase de aclimatación; se usaron cajas de madera de 25 × 15 × 10 cm para dar más espacio a las raíces y a la micorriza y evitar el anegamiento, se regó cada 3 días; para la fase de endurecimiento se utilizó el mismo medio del primer ensayo, se fertilizó al sembrar con 20-20-20. No se obtuvieron diferencias significativas en crecimiento ni en calidad, pero se observó diferencia visual en la frondosidad y calidad de las raíces, hubo colonización de la micorriza. Se concluyó que la poca actividad de la micorriza se debe al buen nivel de fertilidad del suelo. Se recomienda continuar el estudio utilizando las técnicas del tercer ensayo y probar diferentes niveles de fertilización y estrés hídrico a la planta para activar la micorriza.

Palabras claves: Adaptación, biofertilizante, platanera, meristemo, vitroplanta

NOTA DE PRENSA

Uso de Mycoral[®] durante las fases de invernadero y vivero de plantas de plátano propagadas por técnicas *in vitro*.

El plátano constituye una de las principales fuentes de alimentación en Centro América y El Caribe. Una de las técnicas más eficientes para multiplicarlo es la técnica *in vitro* a partir de ápices meristemáticos. Sin embargo, el momento en que las plantas salen del laboratorio a condiciones de invernadero y vivero tienen algunos problemas para adaptarse. Por esto, constantemente se busca métodos que ayuden en la adaptación de las plantas y que eleven el porcentaje de supervivencia de estas.

En Zamorano, durante el año 2001, se probó en varios ensayos el uso de Mycoral[®] para la adaptación de las plantas de plátano fuera del laboratorio. Se obtuvieron resultados positivos reflejados especialmente en una baja de las tasas de mortalidad, en la calidad y cantidad de raíces al momento de transplante al campo.

Se utilizó diversos sustratos de siembra con el fin de proveer al producto Mycoral[®] y a las raíces de las plantas las condiciones más óptimas posibles para que lleguen a ejercer su simbiosis. El sustrato que mejores resultados tuvo fue el compost de aserrín. A mismo tiempo se probaron diferentes dosis del producto y se aplicó sobre dos cultivares, el primero fue el plátano Cuerno o macho y el segundo el híbrido FHIA-20.

Mycoral[®] es un producto basado en hongos micorrizóticos que infectan las plantas ayudándolas a prolongar su sistema radicular y a hacerlo más eficiente en la absorción de agua y nutrientes.

Licda. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agrdecimiento a Patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Nota de Prensa.....	viii
Tabla de Contenidos.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Cuadros.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Definición del Problema.....	1
1.2 Objetivo general.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Micropropagación de plantas de plátano.....	3
2.2 Las micorrizas en Biotecnología Vegetal.....	3
2.2.1 Generalidades.....	3
2.2.2 Principales funciones de las micorrizas.....	5
2.3 Micorrizas probadas en cultivos propagados <i>in vitro</i>	5
2.4 Usos de Micorriza en plátano micropropagado.....	6
3. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MYCORAL® DURANTE LAS FASES DE ACLIMATACIÓN Y ENDURECIMIENTO DE DOS CULTIVARES DE PLÁTANO CUERNO Y FHIA-20 PRODUCIDOS A PARTIR DE APICES MERISTEMÁTICOS.....	7

5.4 CONCLUSIONES.....	
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	26
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 10
2. Respuesta de plantas de plátano cultivar FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 10
3. Calidad promedio de plantas de plátano de cultivares Cuerno y FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 12
4. Porcentaje de Supervivencia de plantas de plátano de cultivares Cuerno y FHIA-20 inoculadas con Mycoral[®] y no inoculadas a 44 días después de la siembra en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 12
5. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 2 de endurecimiento en vivero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 14
6. Respuesta de plantas de plátano cultivar FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 2 de endurecimiento en vivero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 15
7. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001..... 23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Descripción de Tratamientos para la evaluación de aplicaciones de Mycoral[®] durante las fases de aclimatación y endurecimiento de dos cultivares de plátano Cuerno y FHIA-20 producidos a partir de ápices meristemáticos. El Zamorano, Honduras, 2001. 9
2. Crecimiento semanal promedio de dos cultivares de plátano inoculados con micorrizas VAM durante la Fase 1 de aclimatación. El Zamorano, Honduras, 2001. 11
3. Medio Murashige y Skoog modificado utilizado para la etapa II (subcultivos 6 y 7) en la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. El Zamorano, Honduras, 2001 20
4. Medio de cultivo Murahige y Skoog modificado, utilizado para la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. Ingredientes adicionales para la etapa II, subcultivos 6 y 7. El Zamorano, Honduras. 20 20
5. Medio de cultivo Murahige y Skoog modificado utilizado para la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. Ingredientes adicionales para la etapa III. El Zamorano, Honduras. 2001 21
6. Respuesta en crecimiento de plantas de plátano cultivar FHIA-20 producido a partir de ápices meristemáticos a la inoculación con micorrizas VAM. Inoculadas en la fase 1 de invernadero con 40gr de Mycoral[®] y reinoculadas en la fase 2 de vivero con 30gr de Mycoral[®]. El Zamorano, Honduras 2001. 24
7. Diseño propuesto para investigación en inoculaciones con Mycoral[®] a plantas de plátano propagadas a partir de ápices meristemáticos en las etapas de aclimatación y endurecimiento. 29

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

Del total de plátano que se produce en el mundo, mas del 40% proviene de Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Brasil y otros países de Centro América y el Caribe. Es un componente importante de la canasta básica familiar y además fuente de empleo y ganancias para la población (INIBAP, 2000).

El plátano (*Musa spp*), como cultivo, ofrece una alternativa altamente potencial tanto en el ámbito económico para los productores, como en el ámbito nutricional para los consumidores. Por esto, en los últimos años se han intensificado los estudios para mejorar las técnicas de producción y comercialización de este alimento, especialmente en el área de producción de vitro plantas. Según Sandoval (1998), la técnica convencional de producción de semillas por medio de separación de hijos del cormo madre, ofrece una tasa de multiplicación demasiado baja. Por esto, se han concentrado esfuerzos en lograr multiplicaciones rápidas por medio de la siembra de ápices meristemáticos en laboratorio.

Sin embargo, algunas desventajas considerables se presentan en la adaptación de las plantas al medio natural después de su incubación en las cámaras de crecimiento, esto debido a su poca capacidad para resistir el estrés. Estas limitaciones se presentan debido a una cutícula poco desarrollada, estomas no funcionales, células heterotróficas y un sistema radicular débil (Jaizme-Vega, 1998).

En los últimos años las investigaciones sobre agricultura han demostrado que la producción agrícola en los trópicos puede ser mejor respaldada por tecnologías basadas en procesos biológicos, ya que estas técnicas son apropiadas para la producción sostenible y además son adecuadas para productores con recursos limitados (Sieverding, 1991)

Según Evans (1998), las micorrizas son hongos que se encuentran asociados simbioticamente a las raíces de las plantas en su medio natural y ofrecen numerosos beneficios; entre ellos: aceleración del crecimiento, mayor tolerancia a deficiencias de nutrientes y a ataques de patógenos como nemátodos. Las micorrizas también están involucradas en la transferencia de nutrientes desde los minerales del suelo y residuos orgánicos hacia la solución de suelo y también participan en el ciclaje de nutrimentos en los ecosistemas (Chinnery, 1999)

1.2 Objetivo general

El objetivo de este estudio es probar los efectos del uso de Mycoral® durante las etapas de aclimatación y endurecimiento de plátano propagado a partir de ápices meristemáticos, para conocer la utilidad que brindaría el uso de este producto en la adaptación *ex vitro* de esta especie.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Micropropagación de plantas de plátano

Tradicionalmente el plátano se propaga usando el cormo como semilla, de manera que se pueden obtener 4 a 5 hijos por mata por ciclo dependiendo de la variedad o cultivar. Esta tasa reproductiva es demasiado baja, especialmente si se trata de plantaciones comerciales en las que se usa resiembra (Sandoval, 1998). Desde hace varios años se ha difundido la técnica de micropropagación a partir de ápices meristemáticos, con la que se obtienen tasas de multiplicación especialmente altas. En laboratorios especializados en producción de vitroplantas de plátano se obtienen aproximadamente 260 plantas por cada meristemo en un periodo de un año, esto desde que el cormo entra al laboratorio hasta que las plantas están listas para ser llevadas al campo¹.

Los ápices se obtienen haciendo reducciones consecutivas al cormo. Cada reducción es seguida por una o varias desinfecciones con hipoclorito de sodio comercial (al 7%) hasta llegar a explantes de 1 a 10 mm, siendo los más óptimos los de 5 mm (Sandoval y Muller, 1985) Una vez obtenidos estos ápices meristemáticos ya se pueden hacer las manipulaciones *in vitro*.

La utilización de meristemas de plátano mediante técnicas *in vitro* es usada con varios propósitos, uno de ellos es la micropropagación pero existen otros usos de importancia como ser: mejoramiento genético de banano y plátano, el cual se basa en seleccionar variedades resistentes a sigatoka negra, mal de Panamá y otras enfermedades (García *et al.*, 1997), así como seleccionar para características especiales del fruto como sabor y consistencia. Otras aplicaciones importantes son la conservación de germoplasma y el tratamiento de enfermedades virales como el rayado del banano (BSV) (Teisson, 1985)

2.2 Las micorrizas en Biotecnología Vegetal

2.2.1 Generalidades

Siendo especies incapaces de fotosintetizar, los hongos se valen de diferentes maneras para obtener el carbono necesario para llevar a cabo su metabolismo normal. Algunos hongos se valen de la asociación con raíces de plantas superiores, estas asociaciones son denominadas micorrizas (Peterson *et al.*, 2001) esta asociación es considerada de tipo simbiótica pues no sólo el hongo obtiene fotosintatos sino que al mismo tiempo la planta se hace capaz de absorber mayores cantidades de nutrientes minerales (Wood, 1992).

¹ Rubin, S. 2001. Comunicación Personal. Galiltec, San Pedro Sula.

Existen diversos tipos de hongos y plantas hospederas, dando lugar a diferentes tipos de micorrizas. Se conocen al menos siete tipos de estas micorrizas (Brundrett *et al.*, 1996) entre las que están:

1. Micorrizas Vesiculo – Arbusculares (VAM)
2. Ecto- micorrizas (ECM)
3. Micorrizas orquideas
4. Micorrizas ericoideas
5. Asociaciones ectendo, arbutoides y monotropioides

El primer grupo, correspondiente a las VAM, comprende hongos del orden Glomales, (Brundrett *et al.*, 1996). Estas micorrizas tienen como hospederos plantas vasculares en un amplio rango, según Wood (1992) colonizan el 90% de las especies conocidas y según Herrera (2001) colonizan aproximadamente el 95% de todas las especies, incluyendo cultivos agrícolas importantes.

Se puede inocular con micorrizas de manera artificial y lograr que los cultivos que deseamos se beneficien. Sin embargo existen varios factores que se deben tomar en cuenta antes de hacerlo. Según Brundrett *et al.*, (1996) algunos de estos factores son:

- 1) El suelo: Que puede afectar el desarrollo de las micorrizas por su fertilidad, por su estructura y también por la presencia o ausencia de otros tipos de hongos micorrízicos que crean una competencia en el ambiente.
- 2) El sistema radicular de la planta: Una planta que naturalmente tiene un sistema radicular bien extenso, fino y pelos radicales largos será menos beneficiada de la micorriza, pues la función de esta no será tan necesaria como en el caso de plantas que tengan un sistema radicular poco ramificado y menos extenso. Este punto es importante cuando hablamos de la rentabilidad de la inoculación.

Los beneficios obtenidos de la micorriza deben ser destacables al compararse con el uso de fertilizantes químicos, de otra forma no se justificaría su uso en términos de mano de obra y/o tiempo: mano de obra, por el trabajo de inoculación y tiempo por que el proceso de infestación de raíces de la planta por la micorriza no es un proceso violento y supone varios pasos antes del aprovechamiento de nutrientes por la planta, diferente a lo que sucede cuando usamos fertilizantes fácilmente diluibles y absorbibles (Wood, 1992).

- 3) El ambiente en que se pretende usar el hongo: En el ambiente no solo el suelo está considerado, sino también factores como la temperatura, la humedad, el pH del suelo, que de manera directa o indirecta pueden afectar la colonización de la planta hospedera por el hongo.

2.2.2 Principales funciones de las micorrizas

Las funciones de las micorrizas y principales razones por las que son deseables en los cultivos son:

Mejoran la toma de nutrientes y agua por la planta. El principal macroelemento del que la planta se beneficia al ser inoculada con micorrizas es el Fósforo (Wood, 1992). Este elemento cuando se encuentra poco disponible, por ejemplo en suelos arenosos o en mezclas artificiales para siembra elaboradas a base de turba, o en bajas concentraciones, como en suelos desgastados, es almacenado intracelularmente por el hongo en forma activa y contra fuertes gradientes de concentración (Montecinos, 1995) lo que le permite a la planta ser mucho mas eficiente en la extracción de este elemento.

Adicionalmente, según Montecinos (1995), las raíces con micorrizas se mantienen funcionales durante más tiempo dado el mayor contacto que tienen con agua y nutrientes. El hongo también asocia a algunas bacterias del tipo rhizobium en la *hiphosphera*, permitiendo a la planta aprovechar nitrógeno inorgánico (Raddatz, 1997), caso que de otra forma solo es conocido en las leguminosas.

Otra función importante, es que la micorriza inhibe el ataque de patógenos, esto es particularmente importante en el caso del género *Musa* que es altamente susceptible al ataque de estos microorganismos. El mecanismo involucrado parece ser, principalmente, una compensación del daño por efecto del mejoramiento en la absorción de nutrimentos y el crecimiento (Umesh *et al.*, 1988, Jaizme-Vega y Pinochet, 1998)

2.3 Micorrizas probadas en cultivos propagados *in vitro*

Se han realizado diversas pruebas del uso de micorrizas cultivadas para mejorar cultivos de importancia agrícola. Muchas de estas pruebas han sido realizadas en cultivos micropropagados con el fin de mejorar la adaptación de las plantas al medio natural.

Jaizme-Vega *et al.*, (1997) encontraron que al inocular plantas de piña (*Anana comosus* L.Merr.) con tres tipos de endomicorrizas (*G. Mossae*, *G. Fasciculatum* y *Acaulospora sp*) en el momento de transplante a invernadero, mejoró notablemente la supervivencia, el desarrollo de tallos y el desarrollo de raíces en comparación con el control.

Pruebas en banano realizadas en las Islas Canarias por Hernández *et al.*, (1998), demostraron que plantas provenientes de cultivo de meristemos en laboratorio e inoculadas con micorrizas *Glomus intraradices* en la etapa de endurecimiento mostraron diferencias significativas en crecimiento y desarrollo en comparación con el testigo.

En Chile se llevaron a cabo experimentos en caña de azúcar micropropagada inoculando micorrizas para la etapa de adaptación, mezclando cepas de *Glomus sp.* y medio de

crecimiento a razón de 188 kg de biofertilizante por metro cúbico de medio (Soria *et al.*, 1998), obteniéndose plantas de tallo más grueso y crecimiento más acelerado.

Subhan *et al.*, (1998) demostraron el efecto de inoculación con micorrizas en plantas micropropagadas de *Sesbania sesban*, obteniendo tasas de mortalidad mas bajas que en el grupo testigo. Azconaguilar *et al.*, (1997) trabajaron en plantas micropropagadas de yuca (*Manihot esculenta*) y observaron un mejor crecimiento y al mismo tiempo una densidad de raíces mucho más alta en la fase de aclimatación del cultivo en los tratamientos con micorrizas.

2.4 Usos de Micorriza en plátano micropropagado

Existen ya algunos estudios acerca del uso de Micorrizas en plátano micropropagado. Jaizme-Vega y Pinochet (1998) trabajaron en la inoculación de cepas de colección y cepas nativas de *Glomus intraradices* y *Glomus mosseae* en cultivares nativos de plátano. Sus resultados fueron exitosos ya que a las siete semanas después de la inoculación en la fase *ex vitro*, los porcentajes de colonización del hongo fueron de aproximadamente 42% para *G. intraradices* y 23% para cepas nativas. Otros estudios del mismo autor evaluaron la tendencia de las vitroplantas a infectarse con *Fusarium oxisporum* al ser inoculadas con micorriza, obteniendo un porcentaje mas bajo de colonización por micorriza pero así también un porcentaje mas bajo de necrosis en rizomas inoculados con micorrizas VAM.

En Zamorano, en los ensayos de validación del producto Mycoral[®] comenzados en el año 2000, se probó la inoculación con plátano micropropagado con el híbrido FHIA-21. Se obtuvo excelentes respuestas por parte de las plantas inoculadas, siendo estas notoriamente mas desarrolladas y sanas que las no inoculadas (Reyes *et al.*, 2001). El producto fue inoculado tanto en la Fase de invernadero como en la Fase de vivero y también se hicieron pruebas de inoculación *in vitro* en la Etapa III de enraizamiento.

3. EVALUACION DE LA APLICACIÓN DE MYCORAL[®] DURANTE LAS FASES DE ACLIMATACIÓN Y ENDURECIMIENTO DE DOS CULTIVARES DE PLÁTANO CUERNO Y FHIA-20 PRODUCIDOS A PARTIR DE APICES MERISTEMÁTICOS

3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar los efectos, en calidad y crecimiento, de dos dosis diferentes de Mycoral[®] en plantas de plátano de dos cultivares Cuerno y FHIA-20 obtenidas a partir de ápices meristemáticos

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Materiales

- 600 plantas de plátano Cuerno, propagadas por cultivo de ápices meristemáticos en El Zamorano.
- 500 plantas de plátano FHIA-20 propagadas por cultivo de ápices meristemáticos en El Zamorano.
- 48 bandejas multiceldas (35 celdas cada una) para siembra en el invernadero
- Tela de sarán de 50%
- 2 Kg de fertilizante 20-20-20
- 22.1 Kg de Mycoral[®] para la etapa de invernadero y 33 Kg de Mycoral[®] para la siembra en vivero.
- Substrato para invernadero y vivero 4:2:1 (tierra: casulla de arroz: arena)
- 1100 bolsas plásticas de polietileno de 7"× 8"
- Manguera, aspersor, regla

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Transplante a Invernadero (Fase 1 de aclimatación)

Se transplantaron plantas del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de Zamorano al invernadero en bandejas tipo “root trainers”, las cuales fueron previamente lavadas con detergente y llenadas a la mitad con medio.

Al momento del transplante, se inocularon por cada cultivar:

1/3 de las plantas con una dosis de 20g

1/3 de las plantas con una dosis de 40g y

1/3 de las plantas quedó sin inocular como testigo.

De esta manera se obtuvo 6 tratamientos, los cuales se distribuyeron en cuatro repeticiones cada uno. Las bandejas se colocaron distribuidas al azar, con el único cuidado de separar los tratamientos inoculados de los no inoculados para evitar contaminaciones cruzadas.

Se tomaron datos de crecimiento y calidad cada siete días durante seis semanas.

3.2.2.2 Transplante a Vivero (Fase 2 de endurecimiento)

Después del periodo de 6 semanas en el invernadero, las plantas fueron transferidas a bolsas plásticas de 7 × 8 pulgadas. Se tomó la mitad del número total de plantas de cada uno de los seis tratamientos de la Fase 1 y se reinocularon. Para esto se llenó bolsas con medio pasteurizado hasta la mitad y se colocó 30 g de Mycoral® en la base y a los costados del pilón de tierra de cada plantita transferida. La otra mitad del número total de plantas de cada uno de los tratamientos de la Fase 1 no fueron reinoculadas. En total, para la Fase 2 de endurecimiento se obtuvieron 12 tratamientos. Los tratamientos fueron distribuidos en el vivero con el cuidado de separar las bolsas inoculadas de las no inoculadas para evitar contaminaciones cruzadas (Cuadro 1)

Cuadro 1. Descripción de Tratamientos para la evaluación de aplicaciones de Mycoral® durante las fases de aclimatación y endurecimiento de dos cultivares de plátano Cuerno y FHIA-20 producidos a partir de ápices meristemáticos. El Zamorano, Honduras, 2001.

Cultivar	Fase 1			Fase 2		
	Invernadero (bandejas múltiples)			Vivero (bolsas 7×8 pulgadas)		
	Tratam. No.	Dosis (g)	Número de Plantas	Tratam. No.	Dosis (g)	No. de Plantas
Cuerno	1	0	200	1	0	59
				2	30	60
Cuerno	2	20	200	3	0	49
				4	30	49
Cuerno	3	40	200	5	0	39
				6	30	40
FHIA-20	4	0	166	7	0	35
				8	30	35
FHIA-20	5	20	167	9	0	25
				10	30	26
FHIA-20	6	40	167	11	0	42
				12	30	42

Se tomaron datos de crecimiento y evaluaciones de calidad cada siete días durante seis semanas. Los datos de crecimiento fueron medidos en cm. desde la base de la planta hasta el desprendimiento de la hoja bandera. Los datos de calidad se tomaron bajo el siguiente parámetro:

Buenas (3): Poseen todas las hojas en buen estado, lo mismo que el pseudotallo. La coloración es verde oscura y brillante independientemente del tamaño.

Regulares (2): tienen una o más de las hojas amarillas, marchitas o en mal estado y/o el pseudotallo débil y/o cualquier coloración anormal.

Malas (1): Tienen mas del 30% de las hojas en mal estado y el pseudotallo débil. El crecimiento ha cesado y las hojas están necróticas.

Muertas (0)

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Resultados de la Fase 1 de Aclimatación (Invernadero)

Durante el crecimiento en invernadero (Fase 1) no se observaron diferencias a un 0.1 de significancia para ninguna de las dosis aplicadas. El crecimiento fue parejo para los seis grupos, observándose un aumento de tamaño mayor durante la segunda semana de crecimiento. Tampoco se observó diferencias a un 0.1 de significancia entre cultivares (Figura 1 y 2).

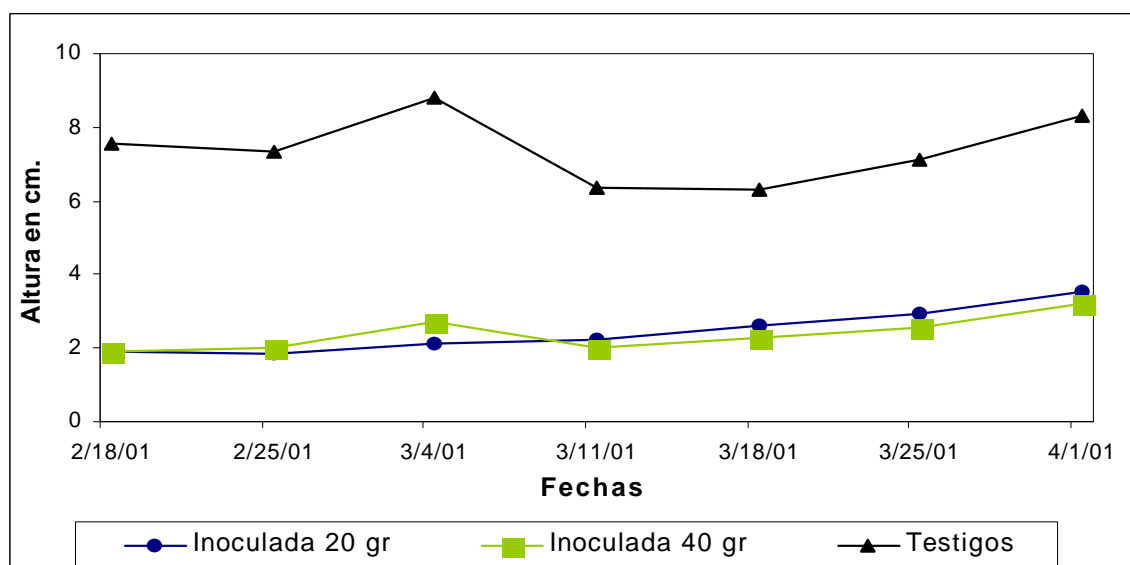


Figura 1. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001.

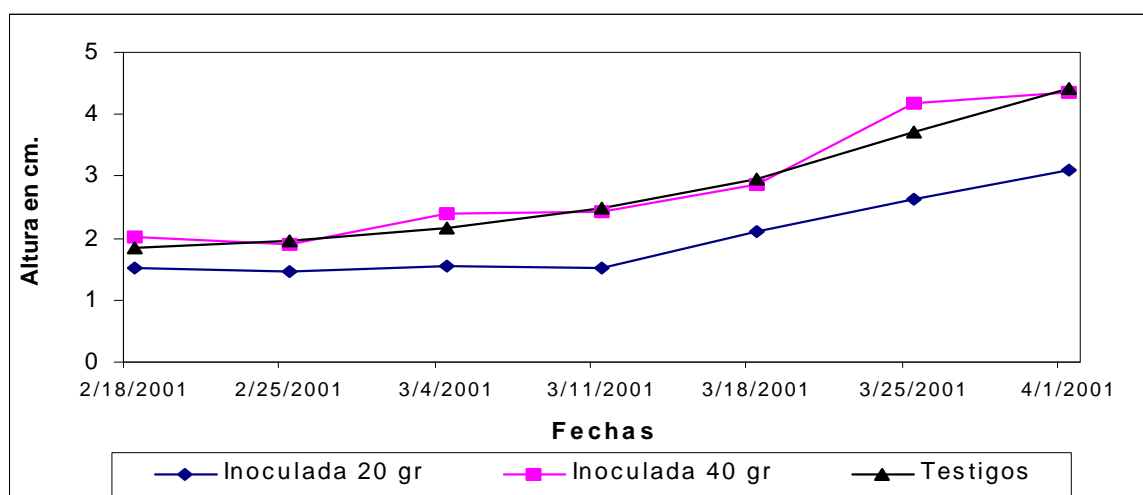


Figura 2. Respuesta de plantas de plátano cultivar FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001.

La única diferencia significativa se encontró en supervivencia. El cultivar FHIA-20 mostró un porcentaje de supervivencia más alto con respecto a Cuerno, 98% y 86.6% respectivamente.

Es importante hacer notar que la diferencia inicial entre las plantas inoculadas y las testigos se debe a la siembra, las plantas más vigorosas fueron sembradas primero pues se las escogió al azar y estas eran las más manejables, fáciles de sembrar y por tanto las primeras en ser escogidas. Para anular esta diferencia inicial en el análisis estadístico se utilizó covariables.

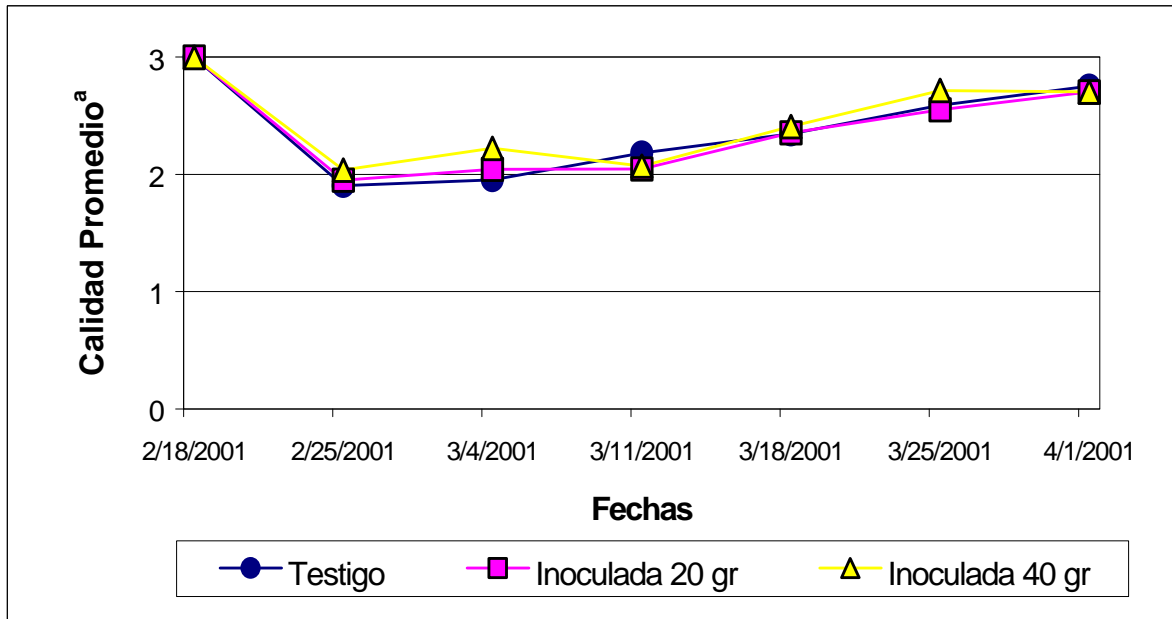
Los crecimientos semanales promedio muestran, del mismo modo, que no existió diferencia significativa entre plantas inoculadas y no inoculadas (Cuadro 2) a un 0.1 de significancia.

En cuanto a calidad de la planta tampoco se encontró diferencias significativas, sin embargo la supervivencia de las plantas inoculadas con 40 g de Mycoral fue superior en casi 40% en comparación a las no inoculadas y un 15% a las inoculadas con 20 g (Figuras 3 y 4)

Cuadro 2. Crecimiento semanal promedio de dos cultivares de plátano inoculados con micorrizas VAM durante la Fase 1 de aclimatación. El Zamorano, Honduras, 2001.

	Altura (cm)	
	Cuerno	FHIA-20
Inoculada 20 g	1.63 ^a	1.58 ^a
Inoculada 40 g	1.30 ^a	1.83 ^a
Testigo	0.97 ^a	1.88 ^a

Diferente letra indica diferencia significativa.



^a 3 Buenas, 2 Regulares, 1 Malas

Figura 3. Calidad promedio de plantas de plátano de cultivares Cuerno y FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001.

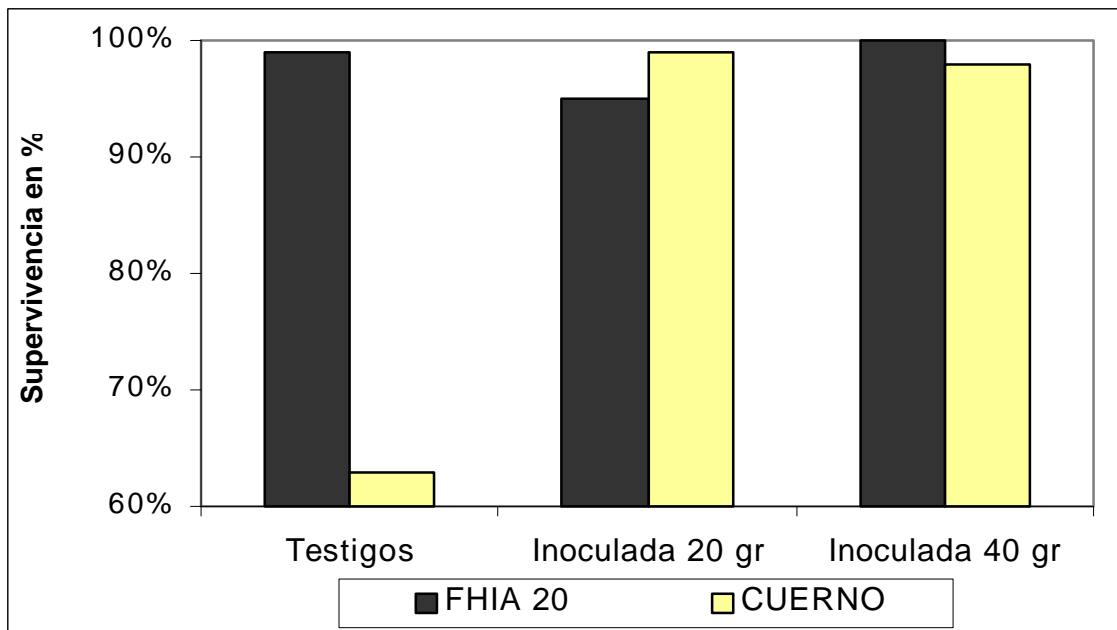


Figura 4. Porcentaje de Supervivencia de plantas de plátano de cultivares Cuerno y FHIA-20 inoculadas con Mycoral[®] y no inoculadas a 44 días después de la siembra en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001.

La aplicación de Mycoral® en la fase 1 de aclimatación no tuvo efecto, lo cual puede deberse a varios factores. En primer lugar la mortalidad relativamente alta que se tuvo, especialmente en el caso del cultivar Cuerno. Esta mortalidad es un indicativo de que existía algún otro elemento en el ambiente de la planta, como un patógeno o un exceso o deficiencia de nutrimentos y agua.

El análisis estadístico realizado ayuda a controlar el factor de mortalidad pero no ayuda a distinguir diferencias de crecimiento entre plantas afectadas que no murieron y plantas sanas. Otro factor muy importante es el de la diferencia inicial de tamaños entre las plantas testigo y las inoculadas; este fue controlado al momento del análisis aplicando covariables.

El tercer y último factor que pudo haber influido es la fertilización demasiado elevada que se hizo, pues se aplicó fertilización semanal a razón de 0.125 g de fertilizante 20-20-20 foliar por bandeja de 25 plantas. La recomendación obtenida en Galiltec en fechas posteriores fue de aplicar solo una fertilización de 15-15-15 al momento de la siembra. Esta fertilización no solo pudo haber afectado a la planta en sí sino a la actividad de la micorriza; Se sabe, por las pruebas de laboratorio, que el porcentaje de micorriza en las plantas inoculadas oscila entre 20 y 30%, por lo que la cantidad de micorriza no fue afectada, sino, como se mencionó fue su actividad la que quedó afectada.

3.3.2 Resultados de la Fase 2 de Endurecimiento (Vivero)

Durante la fase de vivero no se observó diferencia significativa entre los grupos reinoculados y no reinoculados. Tampoco se observó diferencia significativa entre los tres grupos provenientes de la fase anterior de invernadero como no inoculados, inoculados con 20gr e inoculados con 40gr al ser no reinoculados y reinoculados cada uno. Entre ambos cultivares no se encontró diferencias significativas para calidad y crecimiento (Figuras 5 y 6)

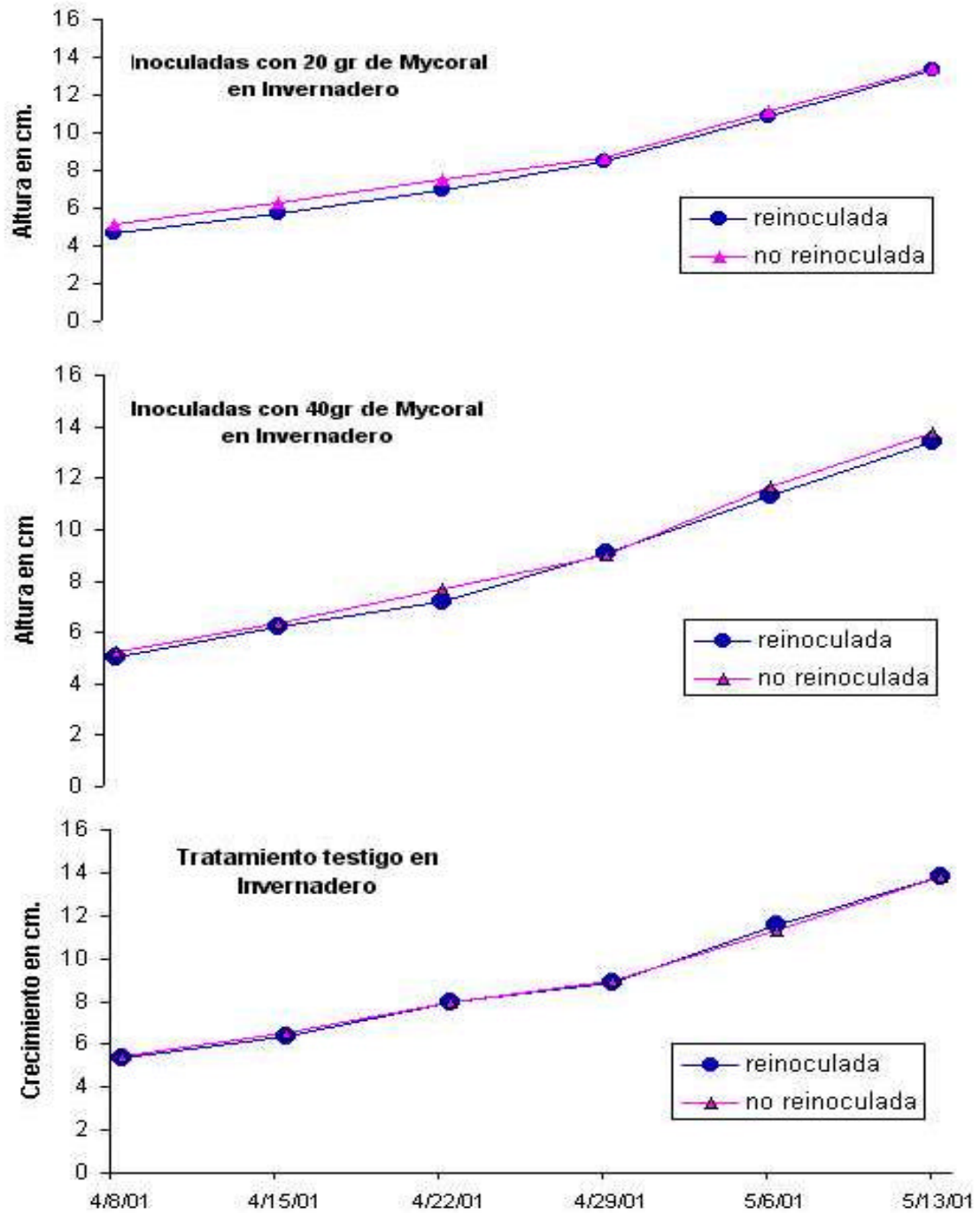


Figura 5. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 2 de endurecimiento en vivero. El Zamorano, Honduras, 2001.

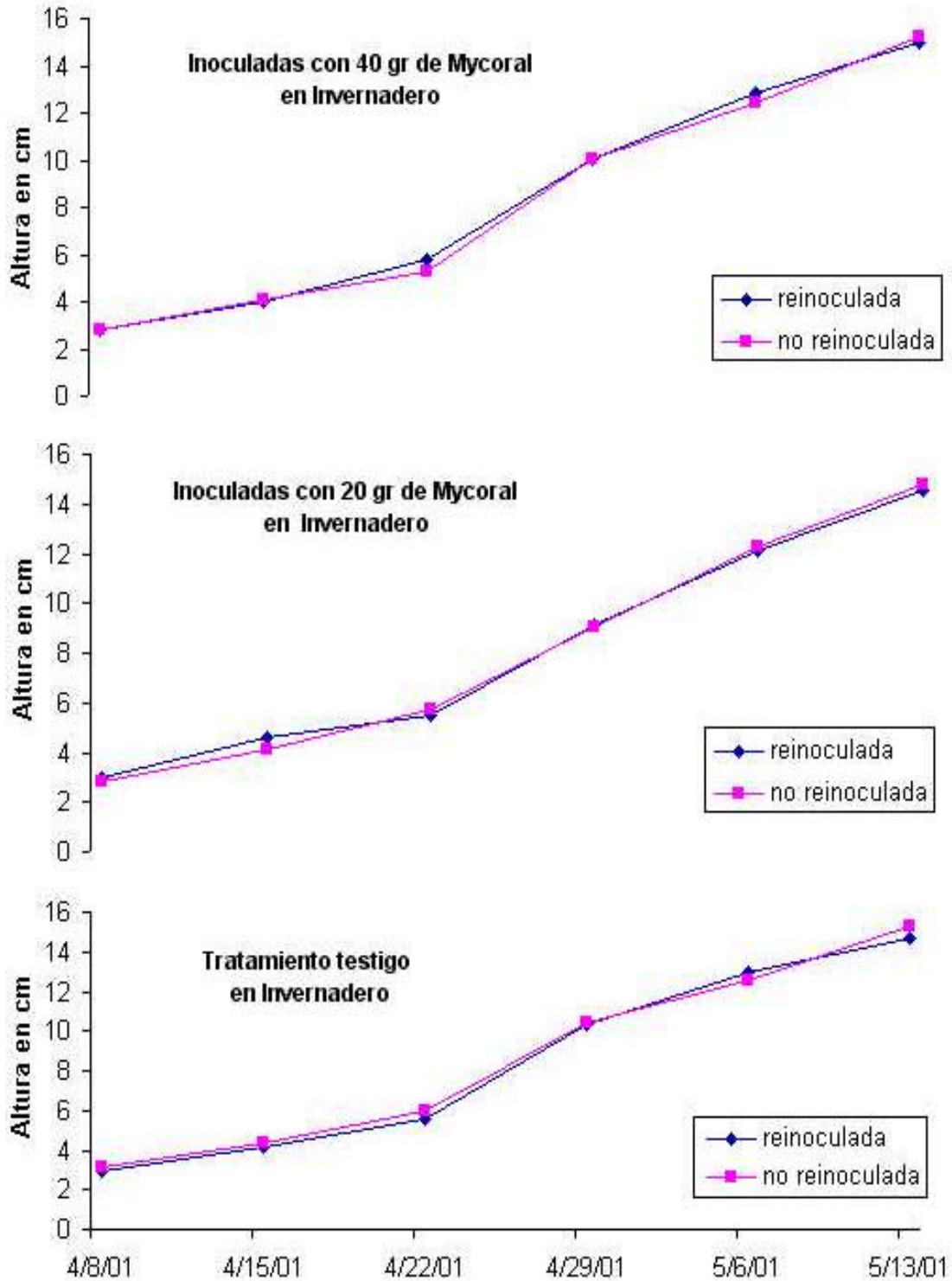


Figura 6. Respuesta de plantas de plátano cultivar FHIA-20 a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 2 de endurecimiento en vivero. El Zamorano, Honduras, 2001.

3.4 CONCLUSIONES

El Mycoral[®] no tiene efectos sobre el desarrollo y crecimiento de plantas de plátano Cuerno en condiciones de invernadero y de vivero en Zamorano.

El Mycoral[®] no tiene efectos sobre el desarrollo y crecimiento de plantas de plátano FHIA-20 en condiciones de invernadero y de vivero en Zamorano.

La calidad no se vio mejorada con la aplicación de Mycoral[®], sin embargo la supervivencia fue mayor con las aplicaciones, lo que nos lleva a concluir que Mycoral[®] mejoró la resistencia de las plantas al factor de mortalidad de este ensayo. Es posible que el medio utilizado no haya permitido una buena colonización de la micorriza debido a que era demasiado pesado, por lo que es necesario darle condiciones más óptimas a las plantas para evitar que otros factores influyan en los resultados finales.

4. EVALUACIÓN DEL USO DE MYCORAL® DURANTE LA FASE DE ACLIMATACIÓN DE PLANTAS DE PLÁTANO FHIA-20 PRODUCIDAS A PARTIR DE ÁPICES MERISTEMÁTICOS

4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar los efectos del uso de Mycoral® en la adaptación a invernadero y vivero de vitroplantas de plátano cultivar FHIA-20 propagadas por la técnica de cultivo de ápices meristemáticos, utilizando como sustrato de crecimiento mezcla PRO-MIX PGX® a base de turba y vermiculita, y utilizando bandejas multicelda, con el fin de proveer a las raíces mejor aireación y drenaje para su desarrollo y con ello reducir el porcentaje de mortalidad obtenido en el primer ensayo

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Materiales

- 100 plantas de plátano FHIA-20 propagadas por cultivo de meristemas en Zamorano.
- 2 bandejas multiceldas (50 celdas cada una) para siembra en el invernadero.
- Tela de sarán de 50%
- 2 Kg. de fertilizante 20-20-20
- 3 Kg. de Mycoral® para la etapa de invernadero y 6Kg. para la siembra en vivero
- Sustrato Artificial para invernadero PRO-MIX PGX®
- 1 regadera
- Manguera, aspersor, regla

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Transplante en Invernadero (Fase 1 de aclimatación)

Las plantas del cultivar FHIA-20 se extrajeron del laboratorio directamente a la fase 1 de la etapa IV (fase de aclimatación en invernadero).

Antes del trasplante se desinfectaron las bandejas multicelda en solución de hipoclorito de sodio al 7%, sumergiendo las bandejas durante 24 horas, previo a la siembra.

Se transplantaron 100 plantas del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de Zamorano al invernadero en bandejas múltiples; al momento del trasplante se separaron las plantas en tres grupos de acuerdo a su altura:

Grandes (≥ 6 cm.)
Medianas (3 a 5.9 cm.)
Pequeñas (< 3 cm.)

Se inoculó el 50% de cada grupo con micorrizas, para lo cual se hizo una mezcla 1:1 de Mycoral[®] y PRO-MIX PGX[®]. Se tomó datos de crecimiento en cm. y calidad cada seis días bajo los mismos parámetros del primer ensayo.

La idea de usar un medio diferente para este experimento es proveer a las raíces de una mejor aireación, puesto que el medio que se utilizó en el primer experimento se compacta demasiado. El tipo de bandejas también fue diferente para este ensayo, pues las celdas del experimento anterior son muy grandes y de la misma manera no drenan ni airean bien a las raíces. Las bandejas usadas para esta ocasión fueron previamente desinfectadas, el diámetro de las celdas es mucho mayor, sin embargo son mas cortas que las del tipo “root trainers”.

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas presentaron síntomas fuertes de estrés al ser transplantadas. Todas las vitroplantas se tornaron de color amarillo, tanto las testigos como las plantas inoculadas. A los 17 días después del trasplante se observó un 100% de mortalidad.

Las plantas estaban protegidas del exceso de luz, y fueron fertilizadas una única vez al momento de la siembra, según las recomendaciones de Galiltec². Se descartó la incidencia de algún patógeno por pruebas realizadas en el laboratorio del Centro de Diagnóstico de El Zamorano.

Se concluye que la mortalidad fue debida a un exceso de humedad en la zona radicular. El substrato escogido retiene suficiente humedad como para regar la planta apenas una vez cada tres días. Además de esta dosis las plantas recibieron agua de riego para otras especies sembradas en el invernadero lo que produjo un anegamiento en las raíces; los síntomas en tallo y hojas son una consecuencias de este hecho.

Es necesario proteger a las plantas del exceso de riegos, para lo cual es necesario aislarlas.

² Reyes, E. 2001. Comunicación Personal. Invernaderos Tropitec, Galiltec, San Pedro Sula.

5. EVALUACIÓN DEL USO DE MYCORAL® DURANTE LAS FASES DE ACLIMATACIÓN Y ENDURECIMIENTO DE PLANTAS DE PLÁTANO CUERNO PRODUCIDAS A PARTIR DE ÁPICES MERISTEMÁTICOS

5.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar los efectos del uso de Mycoral® en crecimiento y calidad de la planta durante la Etapa IV de aclimatación y endurecimiento de plantas de plátano Cuerno propagado a partir de ápices meristemáticos, utilizando para esto un medio de crecimiento a base de aserrín bien descompuesto y cajas a manera de bandejas, evitando el exceso de humedad y aislando las plantas en un invernadero para evitar cualquier tipo de contaminación.

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1 Materiales

- Medio de Cultivo Murashige y Skoog modificado para plátano etapas II y III (Cuadros 3, 4 y 5)
- Frascos de vidrio de 4 oz. con tapa plástica para siembra *in vitro*
- Pinzas, mecheros, placa de vidrio para los transplantes
- Cámara de flujo laminar
- Alcohol 70%
- 30 plantas de plátano Cuerno en etapa de Multiplicación (II), subcultivo 5 (S5) micropropagadas a partir de ápices meristemáticos en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación de El Zamorano.
- 2 cajas de madera de 50 × 35 × 10 cm
- Tela de sarán de 50%
- 1 Kg. de fertilizante 20-20-20
- 3 Kg. de Mycoral® para la etapa de invernadero y 6 Kg para la siembra en vivero
- Substrato para invernadero y vivero elaborado al 100% de aserrín descompuesto
- Invernadero pequeño, que consta de un área aproximada de 3m² y una altura de 2m, las paredes son de plástico y cubiertas con tela de sarán, dentro del invernadero se cuenta con un mesón a mas o menos un pie y medio de altura.
- Camara plástica para el invernadero. Esta es una caja de 2 m de largo por 1 m de ancho y 0.5 m de alto en un armazón de madera y con tapa de los mismos materiales
- Hipoclorito de sodio comercial

Cuadro 3. Medio Murashige y Skoog modificado utilizado para la etapa II (subcultivos 6 y 7) en la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. El Zamorano, Honduras, 2001.

	Ingrediente	Concentración final en el medio mg/l
Macronutrientes	KNO ₃	1900.00
	NH ₄ NO ₃	1650.00
	CaCl ₂ •2H ₂ O	440.00
	MgSO ₄ •7H ₂ O	370.00
	KH ₂ PO ₄	170.00
Micronutrientes	MnSO ₄ •4H ₂ O	16.90
	ZnSO ₄ •7H ₂ O	8.60
	H ₃ BO ₃	6.20
	KI	0.83
	CuSO ₄ •5H ₂ O	0.02
	Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	0.25
	CoCl ₂ •6H ₂ O	0.02
Fuente de hierro	FeNaEDTA	50.00
Vitaminas	Tiamina HCl	0.50
	Ácido Nicotínico	0.50
	Piridoxina HCl	0.50
	Glicina	2.00

Fuente: Reyes, B. 2001 (Modificado)

Cuadro 4. Medio de cultivo Murahige y Skoog modificado, utilizado para la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. Ingredientes adicionales para la etapa II, subcultivos 6 y 7. El Zamorano, Honduras. 2001.

	Ingrediente	Concentración final en el medio de cultivo mg/l
Antioxidante	L-cisteína	2.0
Carbohidratos	Sacarosa	20000.0
Reguladores de crecimiento	BAP	3.0 (S6); 2.0 (S7)
	IBA	---
Agente gelatinizante	Phytigel	2800.0

Fuente: Reyes, B. 2001 (Modificado)

Cuadro 5. Medio de cultivo Murahige y Skoog modificado utilizado para la propagación *in vitro* de plátano a partir de ápices meristemáticos. Ingredientes adicionales para la etapa III. El Zamorano, Honduras. 2001.

	Ingrediente	Concentración final en el medio de cultivo mg/l
Antioxidante	L-cisteína	---
Carbohidratos	Sacarosa	20000
Reguladores de crecimiento	BAP	---
	IBA	1
Agente gelatinizante	Phytigel	2800

Fuente: Reyes, B. 2001 (Modificado)

5.2.2 Métodos

5.2.2.1 Transplante a Subcultivo 6 y 7 de Multiplicación II.

Se tomaron del laboratorio 30 frascos de vitroplantas de plátano en Etapa II de Multiplicación (M2), subcultivo 5 (S5) y se procedió a subcultivar, transfiriéndolas a subcultivo 6 (S6). Cada ápice fue subdividido en 2 o 3 unidades mas y transferido a medio fresco Murahige y Skoog modificado (Cuadros 3 y 4), a razón de una unidad por contenedor. Se obtuvieron en total 54 unidades, que pasaron al S6 y que se dejaron en la cámara de crecimiento durante 21 días. Después de estos 21 días se procedió de la misma forma pasando al subcultivo 7 (S7) obteniéndose 100 plantas que se dejaron en crecimiento durante otros 21 días.

Las 100 plantas en S7 se transfirieron directamente a enraizamiento, pero esta vez a un medio de enraizamiento (Etapa III, Cuadros 3 y 5), en el cual las plantas estuvieron durante 25 días, tiempo al cual fueron llevadas al invernadero a la Etapa IV de aclimatación y endurecimiento.

5.2.2.2 Transplante a Invernadero (Fase 1 de Aclimatación)

Las vitroplantas de plátano Cuerno fueron extraídas ya enraizadas del laboratorio para proceder a la siembra en invernadero. Previo a la siembra las cajas de madera fueron desinfectadas rociando cloro comercial al 7%. El substrato de aserrín descompuesto fue pasteurizado en dos fases: la primera de una hora y la segunda de 40 minutos; esto para evitar que se quemé y se formen cenizas. El invernadero fue lavado con detergente y agua y desinfectado con hipoclorito de sodio al 0.5%, tanto las paredes como la mesa.

Para una caja se elaboró una mezcla 1:1 de aserrín descompuesto y Mycoral[®]. La otra caja fue llenada solamente con el aserrín. Se transfirieron las 100 vitroplantas de los frascos de

vidrio a las cajas: 50 vitroplantas se sembraron en la primera caja y las otras 50 vitroplantas fueron sembradas en la segunda caja.

Después de la siembra, las cajas fueron colocadas en cada extremo del mesón para evitar contaminaciones cruzadas. Los riegos se hicieron cada dos días, pues este medio retiene bastante agua y se fertilizó una sola vez con 20-20-20 al momento del transplante.

Se tomó datos de crecimiento en cm. y de calidad bajo los siguientes parámetros:

5 = Excelentes: Poseen todas las hojas en buen estado y sin manchas, de color verde oscuro y brillante, el pseudotallo se mantiene firme y es de buen grosor. No hay ningún ataque de insectos o microorganismo.

4 = Buenas: Poseen todas las hojas en buen estado, con algunas manchas café debidas al sol, pero manteniendo el color verde oscuro y brillante. Independientemente del tamaño, la coloración del pseudotallo es verde y uniforme, presentando también algunas manchas café debidas al sol.

3 = Regulares: Presentan una o más de las hojas amarillas, marchitas o en mal estado, y/o pseudotallo débil y/o cualquier coloración anormal. Sin embargo siguen creciendo normalmente y la mayor parte de la planta está en buen estado.

2 = Malas: Presentan mas del 50 % de las hojas con coloraciones amarillas o café, pudriciones en el pseudotallo y manchas ocasionadas por patógenos. A pesar de que el pseudotallo es débil, las plantas siguen creciendo.

1 = Muy Mala: Tienen mas del 80% de las hojas en mal estado y el pseudotallo se observa débil o con pudriciones. Las plantas muestran ataque de patógenos, están necróticas y el crecimiento a cesado.

0 = Muerta

5.2.2.3 Transplante a Vivero (Fase 2 de endurecimiento)

Después de 7 semanas en invernadero las plantas se transfirieron a ambiente de vivero con menor sombra y menor humedad en el ambiente. Para esto, se llenó bolsas plásticas de 7 x 8 pulgadas a la mitad de su capacidad con substrato a base de aserrín descompuesto. El 50% de las plantas de cada uno de los dos tratamientos de la Fase 1 fue inoculada con 30gr. de Mycoral[®], mismo que fue colocado a los costados y por debajo del pilón. Después de la siembra el espacio restante se rellenó con substrato. El 50% restante de los dos tratamientos de la fase 1 no fueron inoculados y se pasaron a bolsas directamente. En total se obtuvo 4 tratamientos diferentes:

- 1.- Plantas que fueron inoculadas en la fase 1 de aclimatación y en la fase 2 de endurecimiento
- 2.- Plantas que fueron inoculadas en la fase 1 de aclimatación pero no en la fase 2 de endurecimiento
- 3.- Plantas que no fueron inoculadas en la fase 1 de aclimatación y si fueron inoculadas en la fase 2 de endurecimiento
- 4.- Plantas que no fueron inoculadas en la fase 1 de aclimatación y tampoco en la fase 2 de endurecimiento.

Se tomó datos de crecimiento cada 7 días durante seis semanas. Los datos de crecimiento fueron medidos en cm. y los de calidad bajo los mismos parámetros descritos en el punto anterior.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1 Resultados de la Fase 1 de Aclimatación (Invernadero)

Para el ensayo en invernadero se observaron diferencias en crecimiento entre plantas inoculadas y no inoculadas, significativas para la tercera semana después de la siembra. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas en las demás fechas. (Figura 7). Las diferencias en calidad no fueron significativas en ninguna de las fechas.

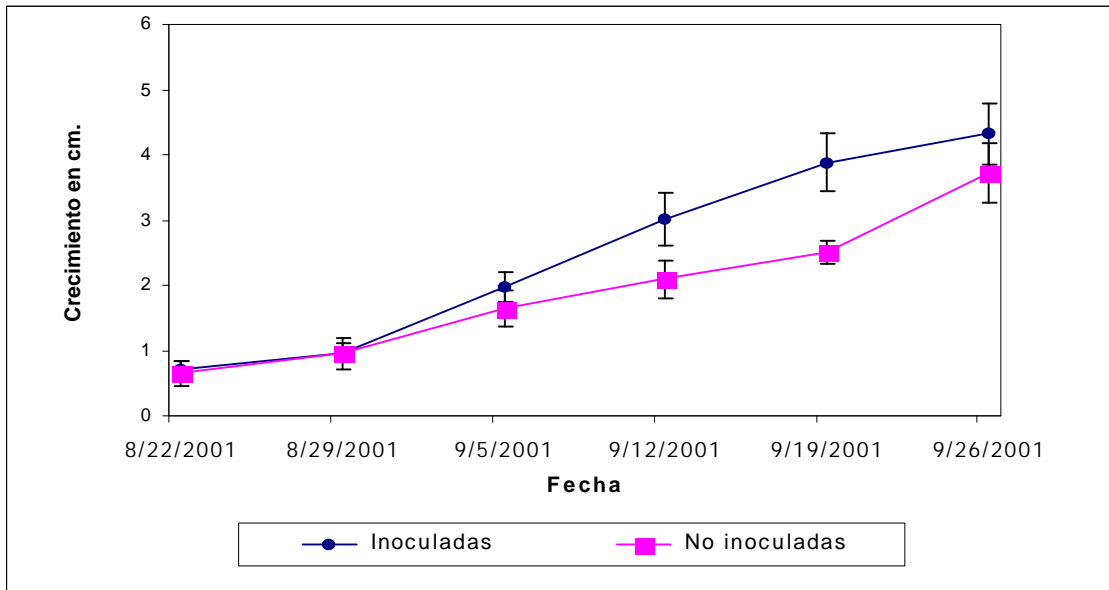


Figura 7. Respuesta de plantas de plátano cultivar Cuerno a la inoculación con micorrizas VAM durante la fase 1 de aclimatación en invernadero. El Zamorano, Honduras, 2001.

5.3.2 Resultados de la Fase 2 de Endurecimiento (Vivero)

Las diferencias en crecimiento en el vivero no fueron significativas a un nivel de 0.1 de significancia. (Cuadro 6). Las diferencias en calidad tampoco fueron significativas.

Para éste ensayo se observaron diferencias especialmente en la fase de invernadero, pero estas diferencias no son lo suficientemente significativas como para concluir que la hipótesis es verdadera. Las plantas crecieron sanas tanto en el área foliar como en las raíces, lo que indica que éstos resultados encontrados son los más significantes en relación con los demás ensayos. La colonización de las micorrizas en la raíz también fue adecuada con un 38% de infección para las inoculadas y un 6% para las no inoculadas.

Es bueno aclarar que sí se observó una diferencia marcada en lo que respecta a la calidad radicular de las plantas inoculadas, esta observación visual se hizo durante el paso de la fase 1 a la fase 2, y es un buen indicativo de la actividad micorrizica.

Cuadro 6. Respuesta en crecimiento de plantas de plátano cultivar FHIA-20 producido a partir de ápices meristemáticos a la inoculación con micorrizas VAM. Inoculadas en la fase 1 de invernadero con 40gr de Mycoral[®] y reinoculadas en la fase 2 de vivero con 30gr de Mycoral[®]. El Zamorano, Honduras 2001.

Fecha	Inoculadas en invernadero crecimiento promedio (cm)		No inoculadas en invernadero crecimiento promedio (cm)	
	inoculadas en vivero	no inoculadas en vivero	inoculadas en vivero	no inoculadas en vivero
	02/11/01	5.67	5.68	5.38
09/11/01	6.59	6.46	6.22	6.37
16/11/01	7.55	7.46	7.16	7.37
23/11/01	8.33	8.14	7.89	8.14
30/11/01	9.13	8.71	8.73	8.84

5.4 CONCLUSIONES

El Mycoral[®] no tuvo efecto en el crecimiento de las plantas de plátano Cuerno en invernadero y vivero bajo las condiciones de El Zamorano y utilizando el substrato preparado a base de aserrín descompuesto.

El Mycoral[®] si colonizó las raíces de las plantas inoculadas. El efecto encontrado en las raíces no puede ser una conclusión pues es simplemente una observación visual y es necesario hacer pruebas más científicas para respaldar esta afirmación.

El substrato utilizado de aserrín descompuesto permitió una aireación adecuada en las raíces, y no retuvo exceso de humedad por tener buena porosidad.

La utilización de cajas de madera resultó muy útil. En primer lugar facilitó el proceso de siembra evitando el exceso de manipulación de las vitroplantas y en segundo lugar permitió un buen desarrollo y colonización de la micorriza al darle más espacio físico a ésta.

6. CONCLUSIONES GENERALES

En base a los tres ensayos realizados, podemos concluir:

1. Que las aplicaciones de Mycoral® en plantas de plátano Cuerno y FHIA-20 propagadas a partir de ápices meristemáticos, transplantadas a la fase 1 de aclimatación en invernadero, en sustrato de tierra, casulla de arroz, arena en proporción 4:2:1, en bandejas “root trainers”, con fertilizaciones semanales de 0.125gr de 20-20-20 por bandeja y con riegos diarios, y bajo condiciones de Invernadero en Zamorano, no tienen efecto estadísticamente significativo en lo que respecta a crecimiento y a calidad.
2. Que las aplicaciones de Mycoral® en plantas de plátano Cuerno y FHIA-20 propagadas a partir de ápices meristemáticos, transplantadas a la fase 1 de aclimatación en invernadero, en sustrato de tierra, casulla de arroz, arena en proporción 4:2:1, en bandejas “root trainers”, con fertilizaciones semanales de 0.125gr de 20-20-20 por bandeja y con riegos diarios, y bajo condiciones de Invernadero en Zamorano, tienen efecto significativo en la supervivencia. La micorriza colaboró a la planta a resistir al factor externo de mortalidad en este ensayo.
3. Que las aplicaciones de Mycoral® en plantas de plátano FHIA-20 propagadas a partir de ápices meristemáticos, transplantadas a la fase 1 de aclimatación en vivero, en sustrato de aserrín descompuesto, en cajas de madera de 50x 35x 10 cm, con riegos cada dos días, protegidas en cámaras de plástico y bajo condiciones de invernadero en Zamorano, no tienen efecto estadísticamente significativo en lo que respecta a crecimiento y a la calidad. Sin embargo se pudo apreciar una mejora en el crecimiento radicular.
4. Que las aplicaciones de Mycoral® en plantas de plátano Cuerno y FHIA-20 propagadas a partir de ápices meristemáticos, transplantadas a la fase 2 de endurecimiento en vivero, en sustrato de tierra, casulla de arroz, arena en proporción 4:2:1, en bolsas plásticas de polietileno de 7”x 8”, con riegos diarios, y bajo condiciones de vivero en Zamorano, no tienen efecto estadísticamente significativo en lo que respecta a crecimiento y a calidad.
5. Que el sustrato a base de turba y vermiculita fina retiene mucha agua, y que las plantas de plátano de cultivar Cuerno propagadas a partir de ápices meristemáticos, bajo condiciones de invernadero en Zamorano no resisten el

exceso de humedad, presentando un ahogamiento de las raíces y posterior muerte de la planta.

6. Que el medio que Mycoral[®] tiene como portador es demasiado pesado, contribuyendo de esta manera al mal drenaje de agua en las pequeñas celdas de las bandejas multicelda usadas en el segundo ensayo.
7. Mycoral[®] es un agregado de varias razas de hongos micorrizales VAM, por lo que el poco efecto del producto en los dos cultivares de Plátano micropropagado puede deberse a una baja compatibilidad entre las razas y la planta.
8. Mycoral[®] es un producto utilizable para mejorar el crecimiento de las plantas en casos de que se presenten deficiencias en el suelo, dado que los sustratos usados eran altamente fértiles, no se pudo apreciar la acción de la micorriza pues la planta no necesitó de la simbiosis.
9. Mycoral[®] si tiene efectos en el crecimiento radicular, por lo que debe ser evaluado en las etapas posteriores de campo para probar sus efectos en la adaptación final
10. Mycoral[®] se presta, una vez inoculado, a reproducirse y colonizar las raíces significativamente.

7. RECOMENDACIONES

1. Muchos factores climáticos se encuentran controlados en el invernadero y sería muy recomendable continuar las evaluaciones hasta las etapas de campo y cosecha para conocer el resultado final de la aplicación y la ayuda real que proporciona el Mycoral[®].
2. Otro factor muy importante que debiera ser estudiado es el costo de las aplicaciones para poder comparar con fertilizaciones químicas/sintéticas mas tradicionales y poder recomendar apropiadamente el producto.
3. Se debe probar material con otras razas con el fin de determinar la compatibilidad entre el hongo y la planta hospedera. La bibliografía muestra que las razas usadas si son compatibles; sin embargo la diversidad de razas es muy amplia y se pueden probar otras para mejorar la infección.
4. Para el diseño de un nuevo experimento se debe tomar en cuenta cuatro variables importantes:
 - Nivel de fertilidad del sustrato (N, K, S y micronutrientes)
 - Nivel de estrés hídrico y
 - Dosis de Mycoral[®].

De esta forma, se puede elaborar 12 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. (Cuadro 6)

Se pensó que la baja actividad de la micorriza se debía a que las plantas estaban obteniendo del medio o de la fertilización las cantidades de nutrientes adecuadas y suficientes para su desarrollo, por esto la variable de fertilidad del sustrato ayudaría a aclarar ese punto.

En tercer lugar un estrés hídrico podría hacer que la planta “utilice” más provechosamente su simbiosis por la misma razón que con los nutrientes.

El último ensayo realizado nos muestra una diferencia alta que no llegó a ser estadísticamente significativa, al mismo tiempo que los niveles de colonización obtenidos en laboratorio (Anexo 2) fueron buenos pero no los más altos. Elevando las dosis de Mycoral[®], es posible que se puedan obtener colonizaciones mayores y por tanto efectos mayores en el desarrollo de las plantas.

Cuadro 7. Diseño propuesto para investigación en inoculaciones con Mycoral® a plantas de plátano propagadas a partir de ápices meristemáticos en las etapas de acilmatación y endurecimiento.

Con Substrato fértil	Con estrés Hídrico	Con sustrato de siembra 2:1 (Mycoral:Compost)	Rep.1
			Rep. 2
			Rep. 3
			Rep. 4
		Con sustrato de siembra 3:1 (Mycoral:Compost)	Rep.1
			Rep. 2
	Sin estrés Hídrico	Con sustrato de siembra 2:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 3
			Rep. 4
			Rep. 1
		Con sustrato de siembra 3:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 2
			Rep. 3
		Con sustrato de siembra 4:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 4
Rep. 1			
Con sustrato con deficiencias en N, K y micronutrientes	Con estrés Hídrico	Con sustrato de siembra 2:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 2
			Rep. 3
			Rep. 4
			Rep. 1
		Con sustrato de siembra 3:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 2
			Rep. 3
	Sin estrés Hídrico	Con sustrato de siembra 4:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 4
			Rep. 1
			Rep. 2
		Con sustrato de siembra 2:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 3
			Rep. 4
			Rep. 1
Con sustrato de siembra 3:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 2		
	Rep. 3		
Con sustrato de siembra 4:1 (Mycoral:Compost)	Rep. 4		
	Rep. 1		

Otros factores importantes a tomar en cuenta y derivados de este estudio son:

- Utilización de cajas de madera u otro recipiente sin celdas, para permitir a la micorriza desarrollarse en un buen espacio físico.
- Utilización de compost de aserrín con algún otro elemento bien descompuesto, cuidando que la consistencia no sea demasiado pesada y controlando la fertilidad según el diseño. Se podría regular el nivel de fertilidad por medio de fertilizaciones al suelo.

Los datos que se deben tomar como variables de respuesta son :

- Crecimiento
- Calidad, utilizando la escala del 1 al 5 preparada para el último ensayo de este estudio
- Porcentaje de colonización de muestras de raíces de cada tratamiento a la 5^a semana. (por ser la semana que se encontró mayor actividad de la micorriza)
- Peso y volumen (densidad) de muestras de raíces de cada tratamiento al final de cada fase.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Azconaguilar, C.; M. Carlos, T.; Troncoso, J.; Barea, M.; 1997. Beneficial effect of Arbuscular Mycorrhizal on Aclimatization of Micropropagated Cassava plantlets. *Scientia Horticulturae* 72:63
- Brundrett, M.; Bougher, N.; Dell, B.; Grove, T.; Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas In forestry and agriculture. The Australian Centre for International Agricultural Research. Ontario, Canada. 530p.
- Chinnery, L. 1999. Micorrizas. Disponible en <http://mycorrhiza.ag.utk.edu>
- Evans, M. 1998. Micorrizas, Introduction, disponible en <http://mycorrhiza.com>
- García, L.; Herrera, L.; Bermúdez, I. 1997 Metodología para la selección *in vitro* de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en banano. INFOMUSA. 6 (1) p. 14-16.
- Hernández, Sosa, B.; Hernández Hernández, J.M.; Jaizme –Vega M. 1998. Interaction of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and the Soil Pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *Cubense* on the first stages of micropropagated Grande Naine Banana. *In* Banana in Subtropics. Ed. V. Galán Sauco. Acta Hort. 49 p.285-295.
- Herrera, J. 2001. El Asombroso Reino de los Hongos. Avance y Perspectiva. México. 4(Septiembre/Octubre 2001)p. 275 a 281. Disponible <http://cinvestav.mx/publicaciones/avayper/sepoct/RUIZ.pdf>
- INIBAP. 2000. Production of Bananas and Plantains in Latin America and the Caribbean. Disponible en http://www.inibap.org/network/lacproduction_eng.html
- Jaizme-Vega, M. 1998. Aplicaciones de las Micorrizas Arbusculares (MA) sobre plataneras micropropagadas. *In* Memorias del Taller Internacional sobre Producción de Banano Orgánico y, o, Ambientalmente Amigable. (s.n.t) pp 106- 122
- Jaizme-Vega, M.; Pinochet, J. 1998. Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. *Nematropica* 27(1):69-76.
- Jaizme-Vega, M. Tenoury, P.; Pinochet, J.; Jaumot, M. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in Banana. *Plant and Soil* 196:27-35.

- Mark, B.; Bougher, N.; Dell, B.; Grove, T.; Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas *in* forestry and agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research. ACIAR Monograph 32. Pirie Printers Canberra Australia. 374 p.
- Montecinos, C. 1995. Manejo Biológico del Fósforo en el Suelo. Revista Agroecología y Desarrollo. Revista de Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo CLADES, Chile. Octubre de 1995.
- Peterson, L.; Uetake, Y.; Armstrong, L.; 2001. Interactions Between Fungi and Plant Cell Cytoskeleton. Department of Botany, University of Guelph. Guelph, Ontario Canada *In* Current Advances in Mycorrhizae Research. The American Phytopathological Society Symposium Series. Edited by Gopi K. Podila and David D. Douds, APS Press St. Paul Minnesota Second printing 2001. p157-178
- Raddatz, E. 1997. Nuevas Tecnologías para Reforestar. Conferencia Corpocuenas. 27.11.1997 (s.n.t.)
- Reyes Padilla, B. 2001. Uso de L-cisteína y ácido ascórbico para el control de la oxidación durante el establecimiento y multiplicación *in vitro* de ápices meristemáticos de tres cultivares de plátano (*Musa spp*) incubado bajo luz y obscuridad. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 48p.
- 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 meristemáticos. Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micro propagación El Zamorano. Honduras.
- Sandoval, J. 1998. Biotecnología y Cultivo de Tejidos, aplicaciones en el cultivo de plátano *Musa AAB*. *In* MEMORIAS del Seminario Internacional sobre Producción Comercial de Plátano. Armenia, Quindío Colombia.
- Sandoval, J., Muller, L. 1985. Influence of size of explant on *in vitro* propagation of four *Musa* cultivars. *In* ACORBAT 85 Memorias VII reunión San José de Costa Rica. Editores Galindo José y Ramiro Jaramillo. CATIE. Pp.87-93
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation GTZ, Federal Republic of Germany.
- Soria, M.; Reyes, E.; Occeguera, Z.; Pereira, M. 1998. Micorrización de plantas micropropagadas de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*). Agridultura Técnica, Chile. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura 6 1(4): 436 - 443 (Octubre-Diciembre, 2001)

- Subhan, S.; Shamirla, P.; Saradni, P. 1998. *Glomus fasciculatum* shock on transplantation of micropropagated *Sesbania sesban*. Plant Cell Rep. 17:268-272.
- Teisson, C. 1985. Quelques resultats sur la culture *in vitro* du bananier et du plantains dans le cadre d'un programme d'amelioration genetique. In ACORBAT 85 Memorias VII reunión San José de Costa Rica. Editores Galindo José y Ramiro Jaramillo. CATIE. Pp.71-78.
- Umesh, K.; Krishnappa, K.; Bagyaraj, D. 1988. Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne 1949, and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. and Trappe in Banana (*Musa acuminata* Colla.). Indian J. Nematol. 18(1):6
- Wood, T. 1992. VA Mhikorrizal Fungi: Challenges for commercialization In Handbook of Applied Mycology Fungal Biotechnology Volume 4. Edited by Dilip K. Arora, Richard P. Elander and K.G. Mukerji. Banras Hindu University. Veranasi, India p. 823-847.