**Comparación entre cuatro envases para
propagar café 'Catuaí' y 'Lempira' por
semilla con y sin inoculación con Mycoral[®]**

Samuel Andrés Discua Duarte

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Comparación entre cuatro envases para
propagar café 'Catuaí' y 'Lempira' por
semilla con y sin inoculación con Mycoral[®]**

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

Presentado por

Samuel Andrés Discua Duarte

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2008

Comparación entre cuatro envases para propagar café 'Catuaí' y 'Lempira' por semilla con y sin inoculación con Mycoral[®]

Presentado por:

Samuel Andrés Discua Duarte

Aprobado:

Odilo Duarte, Dr. Sci. Agr., M.B.A.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador Área Temática Fitotecnia

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor

Miguel Vélez, Dr. Sci. Agr.
Director de la Carrera de Ciencia
y Producción Agropecuaria

Cinthya Martínez, Ing. Agr., M.A.E.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Marcelino Guachambala, Ing. Agr.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Discua Duarte, S. 2008. Comparación entre cuatro envases para propagar café 'Catuaí' y 'Lempira' por semilla con y sin inoculación con Mycoral[®]. Proyecto de graduación del programa de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras. 30p.

La forma más común de propagar el café por semilla es el semillero tradicional; sin embargo, la poda de raíces puede ser un problema al momento del trasplante a vivero. El Mycoral[®] es un biofertilizante y bioprotector que proviene de la selección de cepas específicas de micorrizas vesículo arbusculares que forman simbiosis con la planta y aumentan la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta. El experimento se desarrolló en Zamorano, Honduras, con el objetivo de evaluar el mejor recipiente para producir plantas de café, con y sin inoculación con Mycoral[®], haciendo una comparación de costos. Se realizaron dos ensayos con café 'Catuaí' y 'Lempira' respectivamente. El primer ensayo se dividió en semillero, vivero 1, vivero 2 y campo. Se añadieron 70 y 150 g / planta de Mycoral[®] en vivero 2 y campo. Se utilizaron bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas y bolsas plásticas de 10 × 20 cm. Para las bandejas se utilizó un sustrato tipo PRO-MIX VFT[®] y para las bolsas una mezcla de suelo y arena 2 : 1 v/v. El segundo ensayo se dividió en semillero y vivero, se añadieron 5 g / semilla y 70 g / planta de Mycoral[®] en vivero; se utilizaron bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas y cajones de madera de 15 × 27 × 54 cm. Se usó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de 3 × 2. El análisis estadístico se hizo con el programa SAS mediante una prueba DUNCAN y DMS con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Los resultados del primer ensayo fueron afectados por el excesivo tiempo que duró la etapa de vivero que fue 15 meses. No se encontraron diferencias en campo. Mycoral[®] no tuvo efecto en el experimento debido al alto nivel de fósforo en los sustratos. En el segundo ensayo las plantas sembradas en bandejas de 128 celdas tuvieron mayor área radical, así como mayor volumen, longitud y diámetro de las raíces. Las bandejas de espuma plástica redujeron los costos de producción comparados con la siembra directa en bolsa. Se recomienda el uso de bandejas de espuma plástica de 128 celdas para producir plántulas de café en la etapa de semillero, que luego se pasarán a bolsa de vivero hasta su trasplante a campo.

Palabras clave: bandejas de espuma plástica, bolsas plásticas, micorrizas vesículo arbusculares, propagación sexual, semillero tradicional.

ABSTRACT

Discua Duarte, S. 2008. Comparing four containers to propagate 'Catuaí' and 'Lempira' coffee by seed with and without inoculation with Mycoral[®]. Special project presented as partial requirement to obtain the B.Sc. in Agriculture, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 30 p.

The most common way to propagate coffee by seed is the traditional seedbed; nevertheless, pruning the roots can be a problem when transplanting to the nursery. Mycoral[®] is a biofertilizer and bioprotector made up from selected species of vesicular arbuscular mycorrhizae that associate symbiotically with the plant increasing nutrient uptake and plant growth. The experiment was established in Zamorano, Honduras, with the objective of evaluating the best container to produce coffee plants with and without inoculation with Mycoral[®] and comparing costs. Two trials were established with 'Catuaí' and 'Lempira' coffee respectively. The first trial was divided in seedling, nursery 1, nursery 2 and field stages. 70 and 150 g / plant of Mycoral[®] were added at the start of nursery 2 and field stage. The containers used for sowing were plastic foam trays of 72 and 128 cells and 10 × 20 cm black plastic bags. The substrates used were PRO-MIX VFT[®] for the trays and a mixture of soil and sand 2 : 1 v/v for the bags. The second trial was divided in seedling and nursery stages. 5 g / seed and 70 g / plant of Mycoral[®] were added at the start of each stage. The containers used in sowing were plastic foam trays of 72 and 128 cells and wooden 15 × 27 cm × 54 cm boxes. A Completely Randomized Design with a factorial arrangement of 3 × 2 was used. The statistical analysis was done with the SAS program using a DUNCAN and LSD test with a level of significance of P < 0.05. The results of the first trial were affected by the excessive time of the nursery stage, that was 15 months and no differences in the field were founded. Mycoral[®] did not have an effect in the experiment due to the high level of phosphorus in the substrates. In the second trial the plants from plastic foam trays of 128 cells had greater root area; and better volume, length and diameter of the roots than the plants from the wooden boxes. The trays of plastic foam reduced the costs of production. The use plastic foam trays of 128 cells is recommended to produce seedlings of coffee that will be moved to nursery bags prior to their transplant to the field.

Keywords: plastic bags, sexual propagation, trays of plastic foam, traditional seedlings, vesicular arbuscular micorrhizas

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Contenido.....	v
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Resultados e interpretación de los análisis de suelos y sustratos utilizados en el primer y segundo ensayo. Zamorano, Honduras, 2008.....	8
2. Resultados de los análisis foliares de las plantas de café 'Catuaí' en la etapa de vivero. Zamorano, Honduras, 2008.....	9
3. Descripción de la condición física y morfológica del suelo de La Vega, Monte Redondo, lugar donde se trasplantó el café 'Catuaí'. Zamorano, Honduras, 2008.....	10
4. Altura (cm) de café 'Catuaí' tres y seis meses después de siembra, en la etapa de vivero uno. Zamorano, Honduras, 2007.....	11
5. Altura y diámetro del tallo de café 'Catuaí' 11 y 14 meses después de siembra (MDS), en la etapa de vivero dos. Zamorano, Honduras, 2008.....	12
6. Área foliar y radical; longitud, diámetro y volumen de raíces de café 'Catuaí' 14 meses después de siembra, en la etapa de vivero dos, LFBA-PIF Zamorano, Honduras, 2008.....	12
7. Materia fresca de la parte aérea y materia seca de la planta de café 'Catuaí' 14 meses después de siembra, LFBA-PIF. Zamorano, Honduras, 2008.....	13
8. Conteo de esporas en el suelo y porcentaje de infección de raíces de café 'Catuaí' en la etapa de vivero, LFBA-PIF. Zamorano, Honduras, 2008.....	14
9. Altura de la planta y diámetro del tallo de café 'Catuaí' tres, seis, nueve y doce semanas después del trasplante a campo. Zamorano, Honduras, 2008.....	15
10. Número de ramas por planta, hojas por rama y longitud de rama de café 'Catuaí' 12 semanas del trasplante a campo. Zamorano, Honduras, 2008...	16
11. Porcentaje de germinación, supervivencia y número de plantas vivas de café 'Lempira' en la etapa de semillero y vivero. Zamorano, Honduras, 2008.....	17
12. Altura y número de hojas por planta de café 'Lempira' al trasplante; tres, seis, nueve y doce semanas después del trasplante a bolsa plástica de 22 × 30 cm en la etapa de vivero. Zamorano, Honduras, 2008.....	18
13. Área foliar, área radical, longitud, diámetro y volumen de raíces de café 'Lempira' 12 semanas después del trasplante a bolsa plástica en la etapa de vivero, LFBA-PIF. Zamorano, Honduras, 2008.....	19
14. Materia seca de hojas, tallos y raíces de la planta de café 'Lempira' 12 semanas después en la etapa de vivero, LFBA-PIF ^s . Zamorano, Honduras, 2008.....	20

15. Costos de producción de plantas de café en Lempiras en cuatro envases, para las etapas de semillero y vivero. Zamorano, Honduras, 2008..... 21

Anexo

1. Composición y características químicas y físicas del sustrato PRO-MIX VFT[®] 25
2. Desglose de costos para producir un vivero de café para trasplantar una hectárea utilizando cuatro diferentes envases, en condiciones de Zamorano, Honduras, 2008..... 26

INTRODUCCIÓN

En Honduras existen 270,000 ha cultivadas de café, distribuidas en 15 de los 18 departamentos del país. Honduras es el segundo productor de café en Centroamérica (IHCAFE 2007) y noveno en el mundo (FAO 2005). Hay más de 100,000 familias cafetaleras. El 90% del café está en manos de pequeños productores y genera alrededor de un millón de empleos directos e indirectos (IHCAFE 2007). El café representa el 14% del PIB nacional y un 33% del PIB agrícola (BCH 2007). El total de exportaciones de café en la cosecha 2006-2007 fue de 4.2 millones de quintales, dejándole al país un ingreso de 470 millones de dólares, convirtiendo al café en el primer producto generador de divisas (IHCAFE 2007).

El éxito en una plantación de café empieza con la preparación del vivero, la selección de las semillas, la preparación del sustrato y la siembra de los semilleros (IHCAFE 2001). El desarrollo del café demanda el aporte de fertilizantes (N, P, K, Ca, Mg y microelementos) y el uso de los mismos incrementa los costos de producción (Alarcón y Ferrera-Cerrato 2000).

La demanda y el costo de los fertilizantes minerales están aumentando constantemente, llevando a los agricultores a buscar alternativas para cumplir con los requerimientos nutricionales de las plantas, sin necesidad de depender de fertilizantes minerales. Una de las alternativas es el uso de abonos orgánicos: lombríhumus, bokashi y organismos como las micorrizas.

Las Micorrizas Vesículo Arbusculares (MVA) son microorganismos rizosféricos que forman simbiosis con las raíces; mejorando significativamente la absorción de nutrientes y el crecimiento del cafeto (Read *et al.* 1992). Las MVA incrementan significativamente la resistencia contra el ataque de nemátodos y enfermedades de las plantas, especialmente en las raíces, ya que aceleran el metabolismo, de esta forma las plantas son capaces de rápidamente movilizar producir sustancias químicas para defenderse. Su red voluminosa de absorción incrementa significativamente la resistencia contra la sequía (Raddatz 2007).

Mycoral[®] es un biofertilizante y bioprotector que proviene de la selección de cepas específicas de MVA (Raddatz 2003). Mycoral[®] ha sido utilizado en la producción de plantas de café, (Rodríguez Morera 2001), plátano y banano (Coello Wilches 2004), cultivos forestales y ornamentales, donde ha aumentando significativamente el tamaño de la planta, así como el diámetro, volumen y tamaño de las raíces. En el caso del café se han obtenido mejores resultados cuando se aplica en cada una de las etapas que conlleva hacer un vivero. Estos resultados se han obtenido en experimentos utilizando semilleros

tradicionales de café (Romero Oseguera 2006) y bandejas de espuma plástica de 72 celdas (Rodríguez Morera 2001).

Existen diversas formas de propagar el café por semilla. La más utilizada es el semillero tradicional, el cual consiste en una cama de un sustrato de textura franco arenosa o arena. Una vez germinadas las semillas se realiza el trasplante a bolsas de polietileno. En este proceso se efectúa la poda de raíces en aquellas plántulas que tienen un sistema radical muy largo, o que puedan tener algún problema en la raíz como cola de cerdo. También se eliminan aquellas plantas con raíces deformes. La poda de raíz puede causar daño a la planta y limitar el crecimiento de la misma si no se realiza bien (IHCAFE 2001).

Para evitar hacer la poda de raíces se han desarrollado técnicas como la siembra directa en bolsas de polietileno y conos maceteros o tubetes (González Kaiser 2001). Sin embargo, los resultados obtenidos al utilizar estas técnicas han sido muy parecidos a los de la poda tradicional de raíces de la plántula, en cuanto al desarrollo radical y diámetro del tallo (González Kaiser 2001).

Las bandejas de espuma plástica han sido utilizadas para propagar hortalizas y frutales como maracuyá y papaya, reemplazando la siembra directa en bolsa y el semillero tradicional. En el caso de maracuyá (Toala Luna 2007) y papaya (Cerna Barrantes 2006), el uso de las bandejas ha incrementado el porcentaje de germinación, aumentado la materia fresca y seca de las plantas y ha disminuido los costos de producción entre un 80-90% comparado con la siembra directa en bolsa con sustrato de tierra y arena.

El uso de bandejas de espuma plástica para producir plantas de café ofrece ventajas comparado con los semilleros o la siembra directa en bolsa; ya que en las bandejas se controla el crecimiento y desarrollo radical, hay una poda natural por aire y luz, el sistema radical es más ramificado y denso, hay un control de malezas, se obtiene un desarrollo uniforme de las plántulas y no hay estrés ni retraso en el crecimiento como el producido por el trasplante a raíz desnuda con o sin poda de raíz. Además, se agrupa un mayor número de plantas por unidad de área, mejorando significativamente la producción de plantas de café.

El objetivo general de este estudio fue determinar el envase que ofreciera los mejores resultados para propagar café por semilla en semillero y vivero con y sin inoculación con Mycoral[®] comparando los costos de cada tratamiento. Como objetivos específicos, se trato de determinar el efecto del Mycoral[®] en la producción de plántulas y establecer si el uso de bandejas de espuma plástica incrementan el porcentaje de germinación y supervivencia; altura, diámetro del tallo, número de hojas, ramas y longitud de las ramas; área foliar y radical; longitud diámetro y volumen de raíces, así como el peso fresco y seco del tallo y raíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Valle de Yeguaire, departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lugar está a 30 km al oriente de Tegucigalpa carretera a Danlí, tiene una precipitación media anual de 1100 mm y una temperatura media anual de 25°C.

PRIMER ENSAYO

Se dividió en cuatro etapas: semillero, vivero uno, vivero dos y campo. Se utilizaron 600 semillas de la variedad 'Catuaí' obtenidas a través del Instituto Hondureño de Café (IHCAFE). Se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento y 50 semillas por repetición. Para las etapas de semillero y vivero uno se utilizaron tres grupos de siembra:

1. Siembra directa en bolsas de 10 × 20 cm,
2. Siembra en bandejas de espuma plástica de 128 celdas,
3. Siembra en bandejas de espuma plástica de 72 celdas.

Al inicio de las etapas de vivero dos y campo se aplicó 70 y 150 g Mycoral[®] / planta a la mitad de las plantas de cada grupo de siembra, completando así seis tratamientos:

1. Siembra directa en bolsas de 10 × 20 cm,
2. Siembra directa en bolsas de 10 × 20 cm con Mycoral[®],
3. Siembra en bandejas de espuma plástica de 128 celdas,
4. Siembra en bandejas de espuma plástica de 128 celdas con Mycoral[®],
5. Siembra en bandejas de espuma plástica de 72 celdas,
6. Siembra en bandejas de espuma plástica de 72 celdas con Mycoral[®].

Etapas de semillero: Tuvo una duración de tres meses, de mayo a agosto de 2007 comenzando desde la siembra directa en bolsas o en bandejas hasta el trasplante a bolsas de 15 cm × 25 cm.

El tratamiento de siembra directa en bolsas de 10 × 20 cm se ubicó en el Vivero de Frutales y los tratamientos de siembra en bandejas de 72 y 128 celdas en los invernaderos de la unidad de Producción de Ornamentales y Propagación.

El sustrato de las bolsas fue una mezcla de suelo de textura franco arcillosa y arena, en una proporción de 2 : 1 v/v. Se hizo un análisis químico del sustrato en el Laboratorio de Suelos y Aguas de Zamorano utilizando los procedimientos descritos por Sparks (1996) y Westerman (1990). Las bandejas se llenaron con musgo esfágico de granulación fina

PRO-MIX VFT^{®1}, con algunos agregados de vermiculita, calcita, dolomita, agentes humectantes y macro y micronutrientes (Anexo 1).

Se fertilizó con fertirriego Master[®] 20-20-20 a una concentración de 2000 ppm de fertilizante. Se fertilizó al momento que aparecieron las primeras hojas verdaderas del café y se hicieron dos aplicaciones.

Etapas de vivero uno: Comenzó con el trasplante de bolsas de 10 × 20 cm y de bandejas a bolsas de 15 × 25 cm de agosto a noviembre de 2007. El trasplante se hizo cuando las plantas tenían cuatro hojas verdaderas, tres meses después de siembra. Las plantas se trasladaron al Vivero de Frutales. El sustrato de las bolsas fue el mismo que la etapa de semillero. La etapa finalizó a los tres meses, al momento del trasplante a bolsas de 22 × 30 cm.

Etapas de vivero dos: Abarcó desde el trasplante a bolsas de 22 × 30 cm hasta el trasplante a campo, de noviembre de 2007 a julio de 2008, se decidió trasplantar a este tamaño de bolsa ya que no se contó con riego en campo para la época seca (de enero a mayo de 2008), por lo cual estas bolsas se mantuvieron en el vivero.

El sustrato de las bolsas fue el mismo utilizado en la etapa de semillero. La inoculación con 70 g de Mycoral[®] se hizo aplicando el 30% del producto al fondo de la bolsa y el 70% restante espolvoreado en toda la raíz (Romero Osegura 2006) a aquellos tratamientos que les correspondía.

Se fertilizó tres meses después del trasplante a bolsa de 22 × 30 cm, con una mezcla de urea y nitrato de potasio a una concentración de 10,000 ppm. Se fertilizó dos veces en dos semanas. No se fertilizó antes pues podía haberse afectado la posible acción de las micorrizas Raddatz (2007).

Etapas de Campo: Comenzó el momento del trasplante a campo hasta el final del experimento, de julio a octubre de 2008. Acá se aplicó 150 g de Mycoral[®] a las mismas plantas que se aplicaron al inicio de la etapa de vivero dos.

El trasplante a campo se realizó ocho meses después del trasplante a bolsa de 22 × 30 cm. Se hizo a un distanciamiento de 1 m entre plantas y 2 m entre hileras. En el lote La Vega de Monte Redondo, contiguo al río Yegüare, seleccionado por las facilidades que presenta para darle seguimiento al ensayo y la disponibilidad de suelos adecuados para café. Se determinó la uniformidad del suelo donde se trasplantó el ensayo por medio de 20 barrenaciones y dos calicatas en un área de 400 m².

La fertilización se hizo basada en los resultados de los análisis de suelo y los requerimientos del cultivo. Los fertilizantes utilizados fueron: urea, 18-46-0, KCl y foliar

¹Fabricado por Premier Horticulture

Poliquel Multi^{®2} a una concentración de 5000 ppm para suplir los micronutrientes. Se dividieron en dos meses para fertilizar el lote.

VARIABLES MEDIDAS

Etapas de vivero uno y dos:

Variables no destructivas:

- Altura de la planta: se midió desde la base del tallo hasta la hoja más alta, la altura fue tomada cada tres meses, al inicio y al final de cada etapa.
- Diámetro del tallo: al finalizar la etapa de vivero dos.

Variables destructivas:

Se tomó una muestra de cinco plantas de cada tratamiento, las cuales fueron llevadas al Laboratorio Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Proyecto de Investigaciones en Frijol (LFBA-PIF), Zamorano para tomar los datos de:

- Área foliar y radical; longitud, diámetro y volumen de las raíces. Dichas variables fueron tomadas utilizando un escáner de alta resolución³ y analizadas con el programa WinRhizo (Versión 2005).
- Peso fresco y seco de la parte aérea y peso seco de la raíz.
- Conteo de esporas de micorrizas en el suelo y porcentaje de infección de raíces: Se tomó una muestra de sustrato y raíces de cada planta. Para realizar los análisis se utilizó la metodología establecida por el laboratorio.
- Análisis foliar: se utilizaron todas las hojas de las plantas muestreadas. Para determinar cada nutriente se utilizaron los métodos descritos por Sparks (1996) se compararon entre sí por no tener un nivel de referencia para esta edad y condición de muestreo.

Etapa de campo:

- Altura de la planta y diámetro del tallo: se determinaron cada tres semanas desde el momento del trasplante a campo hasta finalizar el experimento.
- Número de ramas por planta, longitud de la rama, hojas por rama y diámetro a la altura de la primera rama al finalizar el experimento.

SEGUNDO ENSAYO

Se utilizaron 960 semillas de la variedad de café 'Lempira' obtenidas a través de IHCAFE. El ensayo se dividió en dos etapas: semillero y vivero. Se sembraron cuatro repeticiones por tratamiento y 40 semillas por repetición. Se utilizaron seis tratamientos:

1. Siembra en bandejas de espuma plástica de 72 celdas
2. Siembra en bandejas de espuma plástica de 72 celdas con Mycoral[®]
3. Siembra en bandejas de espuma plástica de 128 celdas
4. Siembra en bandejas de espuma plástica de 128 celdas con Mycoral[®]

²Fabricado por Grupo Bioquímico Mexicano SA de CV. Compuesto de: Zn 4%, Fe 3%, S 4%, Mg 1%, Mn 0.250%, Cu 0.040%, B 0.040%, Mo 0.005%, Co 0.002%.

³ Epson Perfection 4990 Photo

5. Cajón de madera (semillero)
6. Cajón de madera (semillero) con Mycoral®

Etapas de Semillero: Se sembró en los invernaderos del Módulo de Plántulas y tuvo una duración de tres meses de abril a julio 2008. Las bandejas de espuma plástica se llenaron de igual forma que el primer ensayo, utilizando musgo esfángico. El sustrato de los cajones de madera fue una mezcla de casulla de arroz, aserrín, suelo y arena en iguales proporciones de 1:1 v/v. Se agregó cal en una proporción de 1:0.1 v/v y se realizó un análisis químico del sustrato.

Al momento de sembrar se aplicó la dosis recomendada de Mycoral® para semillero de 5 g por semilla, distribuida un 80% debajo y 20% arriba de la semilla (Rodríguez Morera 2001 y Romero Oseguera 2006). La fertilización foliar en el semillero se hizo de la misma forma que en el primer ensayo.

Etapas de vivero: Tuvo una duración de tres meses de julio a octubre de 2008, desde el momento del trasplante a bolsas de polietileno de 15 × 25 cm hasta el momento del trasplante a campo. Las plantas fueron trasladadas al Vivero del módulo Frutales al momento del trasplante.

El trasplante a bolsas de polietileno de los tratamientos sembrados en cajones de madera se hizo después de la emergencia de los cotiledones de la planta (estado de fosforito o manguito), a fin de reducir el estrés del trasplante. El trasplante de los tratamientos sembrados en bandejas de 72 y 128 celdas se realizó tres meses después de la siembra, cuando la mayoría de las plantas tenían cuatro hojas verdaderas (etapa de mariposa). Se usó sustrato de suelo franco arcilloso y arena, en una proporción de 2 : 1 v/v y se hizo un análisis químico del sustrato.

Al momento del trasplante a bolsa se inocularon los tratamientos con 70 g / planta de Mycoral®. Dos meses después del trasplante a bolsa se realizó una aplicación de fertilizante utilizando la misma dosis que en el primer ensayo.

VARIABLES MEDIDAS

Etapas de Semillero:

Porcentaje de germinación y supervivencia: se tomó el porcentaje de germinación cada tres días desde que comenzaron a germinar las primeras semillas hasta dos meses después de sembradas. El porcentaje de supervivencia se tomó determinando el número de plantas que fueron trasplantadas a vivero.

Etapas de Vivero:

VARIABLES NO DESTRUCTIVAS:

Altura de la planta y número de hojas: se tomaron cada tres semanas, desde el momento del trasplante a bolsas hasta el trasplante a campo.

VARIABLES DESTRUCTIVAS:

Se usó una muestra de ocho plantas por tratamiento para tomar los datos de área foliar; área, longitud, volumen y diámetro de las raíces; peso seco de la parte aérea y de la raíz, de igual forma que el primer ensayo.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primer ensayo: Para la etapa de vivero uno se utilizó un DCA (Diseño Completamente al Azar) con cuatro repeticiones, para las etapas de vivero dos y campo un DCA con un arreglo factorial de 3×2 . El análisis estadístico se hizo utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System) 9.1.3 versión 2007. Se realizó un análisis de varianza utilizando el modelo lineal general (GLM), la separación de medias con la prueba de Rangos Múltiples DUNCAN y DMS (Diferencia Mínima Significativa) y un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Segundo Ensayo: Se utilizó un DCA con un arreglo factorial de 3×2 , con cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados de igual forma que el primer ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de suelos, sustratos y foliares

Primer ensayo: El sustrato utilizado en las etapas de vivero uno y dos tuvo niveles altos de fósforo y potasio (Cuadro 1). El nivel alto de fósforo pudo haber limitado la simbiosis de las plantas con las micorrizas y afectar el porcentaje de infección de raíces con micorrizas, ya que el factor más importante que afecta negativamente la simbiosis de la micorriza es una alta disponibilidad de fósforo (Andrade *et al.* 2005).

Cuadro 1. Resultados e interpretación de los análisis de suelos y sustratos utilizados en el primer y segundo ensayo. Zamorano, Honduras, 2008.

§Abreviaciones: M.O. = materia orgánica, ad = adecuado, ma = muy alto, a = alto, m =

Ensayo	Muestra	pH	%		mg/kg				
			M.O. §	N Total	P	K	Ca	Mg	Na
1 ^{ro}	Sustrato								
	Bolsas	5.64ad	2.61n	0.13b	181ma	610ma	2000m	200m	190n
	Suelo								
	La Vega	5.60ad	1.64b	0.08b	48a	392a	1310m	130b	170n
2 ^{do}	Sustrato								
	cajones	7.44a	6.8a	0.34m	32m	296a	2750a	210m	198n
	Sustrato								
	Bolsas	7.25a	1.84b	0.09b	144a	616ma	2280m	230m	170n

medio, n = normal, b = bajo.

El pH 5.64 moderadamente ácido, es adecuado, ya que se encuentra dentro del rango óptimo para el cultivo de café, la relación de Ca/Mg se encontró alta y las relaciones de Mg/K y (Ca+Mg)/K se encontraron bajas, indicando un bajo contenido de Mg.

Análisis Foliares: No se realizó ningún análisis estadístico de los datos debido a que sólo se tomó una muestra por cada tratamiento (Cuadro 2). El fósforo del suelo estaba disponible en la planta y no hubo mayor absorción con Mycoral[®]. El nivel de nitrógeno fue aritméticamente menor en plantas sin Mycoral[®] y la absorción de Ca, K y Mg no mostró relación con la aplicación de Mycoral[®].

Campo: El suelo tenía una textura franco arenosa, con una resistencia a la penetración baja entre 0.5 y 2.0 kg/cm² en los primeros tres horizontes hasta 25 cm de profundidad y mayor a 4.5 kg/cm² en el último horizonte (Cuadro 3). El pH del suelo fue adecuado (5.60), el N estuvo bajo, mientras que P y K fueron altos, Ca medio, Mg bajo y Na normal (Anexo 2).

Cuadro 2. Resultados de los análisis foliares de las plantas de café 'Catuaí' en la etapa de vivero. Zamorano, Honduras, 2008

Tratamiento	%					mg/kg			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Bolsa plastic	2.02 [§]	0.23	2.31	1.44	0.31	5	143	124	12
Bolsa plástica + Mycoral [®]	2.24	0.24	2.35	1.44	0.32	6	163	134	13
Bandeja de 72 celdas	2.18	0.24	2.31	1.46	0.30	7	200	132	10
Bandeja de 72 + Mycoral [®]	2.33	0.21	2.31	1.39	0.30	5	165	107	13
Bandeja de 128 celdas	2.09	0.23	2.30	1.31	0.30	4	141	120	12
Bandeja de 128 + Mycoral [®]	2.32	0.22	2.27	1.36	0.31	5	209	118	11

[§]Se tomó una sola muestra para las cuatro repeticiones.

Segundo Ensayo: El sustrato utilizado en los cajones de madera tuvo niveles ligeramente altos de K y medios de P (Cuadro 1). Este nivel de fósforo pudo haber limitado la simbiosis de las plantas con las micorrizas de igual forma que la primera etapa.

El pH fue ligeramente alcalino (7.44), alto para el cultivo, lo que puede resultar en deficiencias de micronutrientes (B, Cu, Mn, Fe y Zn), la relación de Ca/Mg se encontró alta y las relaciones de Mg/K y (Ca+Mg)/K se encontraron bajas, indicando un bajo contenido de Mg.

El sustrato utilizado en la etapa de vivero tuvo niveles muy altos de P y K (Cuadro 1). Los niveles de K, Mg y Na fueron adecuados. El contenido de materia orgánica y el nitrógeno estuvieron en niveles bajos y el pH (7.25) fue alto.

Cuadro 3. Descripción de la condición física y morfológica del suelo de La Vega, Monte Redondo, lugar donde se trasplantó el café 'Catuaí'. Zamorano, Honduras, 2008.

Hor	Prof (cm)	Color	Textura	Estructura			RP	Poros				Raíces		Límite	
				Tipo	Grado	Clase	kg/ cm ²	Tam	For	Frec	Con	Tam	Cant	Top	Nit
Ap ₁	0-7	7.5 YR ¾ pardo Oscuro	FA	mi	d	f	0.5	t	t	m	c	m	F	p	g
Ap ₂	8-15	10 YR ¾ pardo amarillento oscuro	FA	ba	d	m	1.5	m	t	f	c	f	p	p	g
2Ab	15-25	7.5 YR 3/2 pardo Oscuro	FA	ba	m	m	2	m	t	f	c	mf	p	p	d
2Bd	25-40x	10 YR 4/3 pardo Oscuro	A	ba	m	m	>4.5	m	t	f	c	mf	p	p	a

Abreviaturas: Hor = Horizonte; Prof = Profundidad; RP = Resistencia a la Penetración; Tam = Tamaño; For = Forma; Frec = Frecuencia; Con = Continuidad; Cant = Cantidad; Top = Topografía; Nit = Nitidez. Textura FA = Franco Arenosa; A = Arenosa; Estructura mi = migajosa; ba = bloques angulares; d = débil; m = moderado; f = finos; m = medianos; Poros t = todos los tamaños; m = medianos; t = tubulares; m = muchos; f = frecuentes; c = conectados; Raíces m = medianas; f = finas; mf = muy finas; f = frecuentes; p = pocos; Límite p = plano; g = gradual; d = difuso; a = abrupto.

Primer ensayo

Etapa de Vivero uno

Altura: Se encontró diferencias significativas entre tratamientos tres y seis meses después de siembra (MDS), siendo el mejor tratamiento la bandeja de 128 celdas a los tres MDS y a los seis MDS las bandejas de 72 y 128 celdas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Altura (cm) de café 'Catuaí' tres y seis meses después de siembra, en la etapa de vivero uno. Zamorano, Honduras, 2007.

Tratamiento	Meses después de siembra	
	Tres	Seis
Bolsa plástica	4.7 ^b	14.1 ^b
Bandeja de 72 celdas	4.6 ^b	15.6 ^a
Bandeja de 128 celdas	5.4 ^a	15.2 ^a
R ² %	52.7	44.2
CV%	19.0	16.9

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, $P < 0.05$.

Estas diferencias se pueden atribuir a que las bandejas tuvieron ventajas sobre la bolsa, ya que el pilón con que sale la planta de la bandeja redujo el estrés al momento del trasplante comparado con el trasplante a raíz desnuda.

Etapa de Vivero dos

Altura y diámetro del tallo: Se encontró diferencias en altura a los 11 MDS, entre los tratamientos de bandeja de 72 celdas con y sin Mycoral[®] y bandejas de 128 celdas con Mycoral[®] comparados con bolsa plástica y bandejas de 128 celdas sin Mycoral[®]. A los 14 MDS ya no se encontró diferencia significativa en altura ni en diámetro del tallo (Cuadro 5).

No se observó ningún efecto en las plantas inoculadas con Mycoral[®] debido probablemente a que el nivel de P en el sustrato fue demasiado alto, 181 ppm (Cuadro 1), lo que disminuye la asociación simbiótica con el hongo (Hepper y Warner 1983).

Cuadro 5. Altura y diámetro del tallo de café 'Catuaí' 11 y 14 meses después de siembra (MDS), en la etapa de vivero dos. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Altura (cm)		Diámetro del Tallo
	11 MDS	14 MDS	14 MDS
Bolsa plástica	31.4 ^b	41.6 ^a	0.90 ^a
Bolsa plástica + Mycoral [®]	32.1 ^{ab}	41.0 ^a	0.90 ^a
Bandeja de 72 celdas	33.8 ^a	43.1 ^a	0.89 ^a
Bandeja de 72 + Mycoral [®]	33.7 ^a	43.5 ^a	0.91 ^a
Bandeja de 128 celdas	33.5 ^{ab}	43.4 ^a	0.89 ^a
Bandeja de 128 + Mycoral [®]	32.9 ^a	41.1 ^a	0.89 ^a
R ² %	60.1	63.4	52.1
CV%	11.1	9.6	11.6

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, $P < 0.05$.

Área foliar y radical; longitud, diámetro y volumen de raíces: Se encontró diferencias significativas para el área foliar en la bandeja de 72 celdas con Mycoral[®]. Para área radical, longitud y diámetro de raíces no se encontró diferencias. Para el volumen de raíces no se encontró diferencias significativas debido a que el coeficiente de variación de los datos fue muy alto, (69.1%), esta variabilidad es atribuida al tamaño de la muestra (30 plantas), la cual no es estadísticamente representativa para las variables analizadas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Área foliar y radical; longitud, diámetro y volumen de raíces de café 'Catuaí' 14 meses después de siembra, en la etapa de vivero dos, LFBA-PIF[§]. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Hojas	Raíces			
	Área (cm ²)	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Diámetro (mm)	Volumen (cm ³)
Bolsa plástica	6841.0 ^b	18302.3 ^a	5939.8 ^a	14.1 ^a	154.6 ^a
Bolsa plástica con Mycoral [®]	6840.7 ^b	19449.8 ^a	6198.7 ^a	14.7 ^a	159.3 ^a
Bandeja de 72 celdas	7987.3 ^{ab}	18780.6 ^a	6417.8 ^a	14.8 ^a	176.9 ^a
Bandeja de 72 con Mycoral [®]	8575.5 ^a	16871.1 ^a	5419.6 ^a	13.3 ^a	140.4 ^a
Bandeja de 128 celdas	7468.0 ^{ab}	19631.4 ^a	6493.7 ^a	15.4 ^a	172.2 ^a
Bandeja de 128 con Mycoral [®]	8408.2 ^{ab}	17659.0 ^a	5731.7 ^a	13.7 ^a	149.4 ^a
R ² %	72.1	63.6	63.4	60.6	60.6
CV%	14.5	25.3	27.3	33.6	69.1

Medias con una letra común en la misma columna no difieren significativamente, $P < 0.05$.

[§]Laboratorio de Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol.

Probablemente no se encontró ninguna diferencia para longitud, área y diámetro de raíces debido a que plantas permanecieron demasiado tiempo en las etapas de vivero uno y dos (14 meses), tiempo en el cual las raíces llenaron toda la bolsa, afectando su crecimiento y el de la planta. El café debe ser trasplantado al vivero a los cuatro o cinco meses de edad (siete u ocho meses después de siembra) o cuando posea seis pares de hojas verdaderas

(IHCAFE 2001), es decir, que en condiciones ideales el experimento debió haber sido trasplantado luego de la etapa de vivero uno.

Materia fresca y seca: No se encontró diferencias entre la materia fresca de la parte aérea para ninguno de los tratamientos. El Mycoral[®] no tuvo ningún efecto (Cuadro 7).

Cuadro 7. Materia fresca de la parte aérea y materia seca de la planta de café 'Catuaí' 14 meses después de siembra, LFBA-PIF[§]. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Materia Fresca		Materia Seca	
	Hojas	Tallos	Parte Aérea	Raíces
Bolsa plástica	50.8 ^a	23.6 ^a	22.0 ^a	8.1 ^a
Bolsa plástica con Mycoral [®]	46.8 ^a	21.2 ^a	17.3 ^a	7.3 ^a
Bandeja de 72 celdas	50.4 ^a	24.0 ^a	22.4 ^a	7.9 ^a
Bandeja de 72 con Mycoral [®]	55.2 ^a	25.6 ^a	25.6 ^a	7.8 ^a
Bandeja de 128 celdas	48.4 ^a	22.8 ^a	19.7 ^a	8.8 ^a
Bandeja de 128 con Mycoral [®]	54.4 ^a	24.4 ^a	22.9 ^a	6.9 ^a
R ² %	53.9	46.4	50.6	41.6
CV %	19.1	24.6	23.6	29.4

Medias con una letra común en la misma columna no difieren significativamente, $P < 0.05$.

[§]Laboratorio de Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol.

Conteo de esporas en el suelo y porcentaje de infección de raíces: No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos con y sin Mycoral[®], tanto el nivel de esporas en el suelo, como el de infección, variaron pero en rangos medios a bajos, con menos de 30% de infección (Cuadro 8).

Estos resultados podrían ser atribuidos a los altos niveles de fósforo en el sustrato. Además, se encontró la presencia de micorrizas nativas en los tratamientos a los que no se aplicó Mycoral[®]. Las micorrizas nativas pueden haber afectado la simbiosis con el Mycoral[®] ya que una vez establecida la asociación simbiótica se dificulta la colonización de las raíces por otros hongos (Agrios 1995). Rodríguez Morera (2001) y Romero Oseguera (2006) encontraron mejores resultados cuando aplicaron el Mycoral[®] al inicio de cada etapa, ya que de esta forma se evita que las micorrizas nativas del suelo colonicen las raíces antes de que lo hagan las de Mycoral[®].

Cuadro 8. Conteo de esporas en el suelo y porcentaje de infección de raíces de café 'Catuai' en la etapa de vivero, LFBA-PIF[§]. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Infección en la Raíz %	Número de Esporas en 100 g de Suelo
Bolsa Plástica	13.8 ^a	5.6 ^a
Bolsa Plástica + Mycoral [®]	23.6 ^a	3.5 ^a
Bandeja de 72 celdas	19.4 ^a	5.5 ^a
Bandeja de 72 + Mycoral [®]	21.2 ^a	6.2 ^a
Bandeja de 128 celdas	16.4 ^a	6.8 ^a
Bandeja de 128 + Mycoral [®]	23.0 ^a	5.2 ^a
R ² %	60.7	65.3
CV %	51.4	48.2

Medias con una letra común en la misma columna no difieren significativamente, $P < 0.05$.

[§]Laboratorio de Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol.

Etapa de Campo

Altura y diámetro del tallo: Se encontró diferencias tres semanas después del trasplante (SDT) para el diámetro del tallo en las plantas de bandejas de 72 celdas sin Mycoral[®] en comparación las de con bolsa plástica. A seis y nueve SDT el tratamiento con mayor altura fue la bandeja de 128 celdas sin Mycoral[®], a seis SDT el tratamiento con mayor diámetro del tallo fue bandeja de 128 celdas con Mycoral[®], a nueve SDT no se encontró diferencias para diámetro del tallo en ninguno de los tratamientos. A 12 SDT no se encontró diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos para altura y diámetro del tallo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Altura de la planta y diámetro del tallo de café 'Catuaí' a tres, seis, nueve y doce semanas después del trasplante a campo. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Tres		Seis		Nueve		Doce	
	Altura	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	Diámetro
Bolsa Plástica	47.3 ^a	0.86 ^b	48.1 ^b	0.93 ^b	48.3 ^b	0.94 ^a	50.6 ^a	1.05 ^a
Bolsa Plástica + Mycoral [®]	46.6 ^a	0.86 ^b	47.1 ^b	0.91 ^{ab}	47.2 ^b	0.94 ^a	50.9 ^a	1.05 ^a
Bandeja de 72 celdas	48.9 ^a	0.95 ^a	50.1 ^{ab}	0.97 ^{ab}	50.6 ^{ab}	0.98 ^a	53.0 ^a	1.10 ^a
Bandeja de 72 + Mycoral [®]	48.3 ^a	0.91 ^{ab}	50.1 ^{ab}	0.95 ^{ab}	50.2 ^{ab}	0.96 ^a	51.4 ^a	1.09 ^a
Bandeja de 128 celdas	48.9 ^a	0.92 ^{ab}	50.8 ^a	0.96 ^{ab}	50.9 ^a	0.97 ^a	53.3 ^a	1.10 ^a
Bandeja de 128 + Mycoral [®]	47.7 ^a	0.93 ^{ab}	48.8 ^b	1.00 ^a	48.9 ^{ab}	1.01 ^a	52.0 ^a	1.14 ^a
R ² %	64.5	62.9	65.3	68.9	65.2	68.4	58.2	61.9
CV %	8.9	14.6	8.6	12.3	8.6	11.9	9.4	13.5

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, P < 0.05.

Número de ramas por planta, hojas por rama y longitud de rama: No se encontró diferencias para ninguno de los tratamientos con y sin Mycoral[®] para estas variables (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de ramas por planta, hojas por rama y longitud de rama de café 'Catuai' a las 12 semanas del trasplante a campo. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Número de ramas	Hojas por rama	Longitud de rama (cm)
Bolsa Plástica	10.3 ^a	7.4 ^a	10.2 ^a
Bolsa Plástica + Mycoral [®]	11.8 ^a	7.1 ^a	12.8 ^a
Bandeja de 72 celdas	11.2 ^a	7.6 ^a	13.5 ^a
Bandeja de 72 + Mycoral [®]	12.2 ^a	8.4 ^a	11.5 ^a
Bandeja de 128 celdas	10.3 ^a	7.4 ^a	12.6 ^a
Bandeja de 128 + Mycoral [®]	12.2 ^a	7.2 ^a	12.8 ^a
R ² %	51.3	44.1	54.5
CV %	24.2	34.1	23.6

Medias con una letra común en la misma columna no difieren significativamente, P < 0.05.

Con los datos obtenidos hasta 12 semanas después del trasplante no se puede determinar si las diferencias o semejanzas entre tratamientos se mantendrán o no, razón por la cual no se puede decir cuál fue el mejor tratamiento en la etapa de campo. Para poder establecer estas diferencias es necesario tomar datos por un periodo más largo, llevando el ensayo hasta producción y de esta forma determinar el efecto de los recipientes y el Mycoral[®] en la producción.

SEGUNDO ENSAYO

Etapa de Semillero

Porcentaje de germinación y supervivencia: Las bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas aumentaron el porcentaje de germinación de las plantas en comparación con los cajones de madera, sin poder indicar si fue por efecto del tamaño del envase o por el sustrato (Cuadro 11). Guevara (1997) encontró que las semillas de café germinan mejor a una humedad de 50% en sustratos de arena y papel.

La sobrevivencia fue menor en las bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas y cajones de madera inoculados con Mycoral[®] que en los tratamientos sin Mycoral[®]. Esto puede ser debido a que el medio utilizado para producir el Mycoral[®], no fue bien esterilizado y contenía patógenos, lo cual no se verificó.

Otro factor al cual puede ser atribuido el bajo porcentaje de supervivencia de las bandejas es el musgo esfágico, ya que este es capaz de retener entre 50 y 70% de humedad (Anexo 1), este exceso de humedad pudo haber causado las condiciones adecuadas para que se desarrollaran hongos patógenos causantes del mal del talluelo (Arguello *et al.* 2007), afectando la supervivencia de las semillas sembradas en bandejas de espuma plástica. Además, la humedad pudo haber afectado la disponibilidad de oxígeno. Las

micorrizas del genero *Glomus* son muy sensibles a la deficiencia de oxígeno, ya que la germinación de las hifas y su alargamiento se ven afectadas con la falta de este (Le Tacon *et al.* 1983).

En la etapa de vivero la bandeja de 72 celdas tuvo un menor porcentaje de supervivencia, probablemente debido a que un mayor número de plantas enfermas, que no expresaron síntomas de enfermedad en la etapa de semillero, fueron trasplantadas.

Cuadro 11. Porcentaje de germinación, supervivencia y número de plantas vivas de café 'Lempira' en la etapa de semillero y vivero. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Semillero			Vivero	
	G [§]	S	PV	S	PV
Bandeja 72 celdas	85.6 ^a	72.7 ^{ab}	62.5 ^{ab}	77.6 ^b	48.8 ^{ab}
Bandeja 72 celdas con Mycoral [®]	85.0 ^a	54.1 ^{bc}	45.6 ^b	79.1 ^b	37.5 ^b
Bandeja 128 celdas	91.9 ^a	78.1 ^{ab}	71.9 ^a	97.3 ^a	70.0 ^a
Bandeja 72 celdas con Mycoral [®]	93.8 ^a	51.7 ^{bc}	48.8 ^b	88.9 ^{ab}	44.4 ^b
Cajón de Madera	57.5 ^b	96.7 ^a	55.0 ^{ab}	97.6 ^a	53.9 ^a
Cajón de Madera con Mycoral [®]	41.3 ^b	73.1 ^{ab}	29.4 ^{bc}	93.8 ^a	27.9 ^{bc}
R ² %	76.6	52.4	48.4	52.4	44.8
CV %	16.4	10.0	30.6	10.0	35.9

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, P < 0.05.

[§]G = Porcentaje de germinación, S = Supervivencia, PV = Plantas vivas.

Etapa de Vivero

Altura y número de hojas por planta: La mayor altura para todas las fechas se encontró en la bandeja de 128 celdas sin Mycoral[®] y el mayor número de hojas por planta en la bandeja de 128 celdas con y sin Mycoral[®]. La bandeja de 72 celdas con y sin Mycoral[®] tuvo resultados similares a la bandeja de 128 celdas, con medias más bajas, pero mayores a los cajones de madera. En los cajones de madera el Mycoral[®] tuvo un efecto negativo, reduciendo la altura y el número de hojas por planta para todas las fechas (Cuadro 12).

Área foliar, área radical, longitud, diámetro y volumen de raíces: El área foliar de las plantas sembradas en bandejas de 72 y 128 celdas fue mayor que la de las plantas en cajones de madera, la bandeja de 128 celdas sin Mycoral[®] tuvo la mayor área foliar. Para longitud, área, diámetro y volumen de raíces las bandejas de 72 y 128 celdas fueron superiores a los cajones de madera. El Mycoral[®] no tuvo efecto en ninguna de estas variables (Cuadro 13).

Cuadro 12. Altura y número de hojas por planta de café 'Lempira' al trasplante, tres, seis, nueve y doce semanas después del trasplante a bolsa plástica de 22 × 30 cm en la etapa de vivero. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Trasplante		Tres		Seis		Nueve		Doce	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Bandeja 72 celdas	4.0 ^b	3.3 ^b	5.3 ^b	5.4 ^b	6.2 ^b	6.6 ^{ab}	9.6 ^b	8.9 ^a	10.6 ^{ab}	10.6 ^a
Bandeja de 72 con Mycoral [®]	3.6 ^c	3.1 ^b	5.1 ^{bc}	5.7 ^{ab}	5.8 ^{bc}	6.1 ^b	9.1 ^{bc}	9.1 ^a	9.6 ^{bc}	9.2 ^b
Bandeja de 128 celdas	4.4 ^a	4.8 ^a	5.7 ^a	6.0 ^{ab}	6.6 ^a	6.4 ^b	10.5 ^a	9.5 ^a	11.4 ^a	10.3 ^a
Bandeja de 128 con Mycoral [®]	3.5 ^{cd}	4.3 ^a	4.6 ^c	6.2 ^a	5.7 ^{bc}	7.0 ^a	8.7 ^{cd}	9.4 ^a	10.3 ^{bc}	10.2 ^a
Cajón de Madera	3.5 ^{cd}	3.1 ^b	4.9 ^{bc}	4.4 ^c	5.7 ^c	4.8 ^c	9.0 ^{bc}	8.1 ^b	10.1 ^{bc}	8.7 ^c
Cajón de Madera con Mycoral [®]	3.1 ^d	2.2 ^c	3.9 ^d	3.3 ^d	4.8 ^d	4.4 ^d	8.1 ^d	7.6 ^b	9.6 ^c	9.0 ^{bc}
R ² %	70.0	76.6	59.1	71.2	58.0	72.0	59.6	64.2	61.6	67.1
CV %	28.7	27.2	30.1	25.8	27.7	23.3	29.5	19.6	25.7	17.7

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, P < 0.05.

Cuadro 13. Área foliar, área radical, longitud, diámetro y volumen de raíces de café 'Lempira' 12 semanas después del trasplante a bolsa plástica en la etapa de vivero, LFBA-PIF[§]. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Hojas		Raíces		
	Área (cm ²)	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Diámetro (mm)	Volumen (cm ³)
Bandeja 72 celdas	566.5 ^{ab}	1252.4 ^a	399.2 ^a	1.7 ^a	9.7 ^a
Bandeja 72 celdas con Mycoral [®]	577.5 ^{ab}	1673.5 ^a	514.6 ^a	1.9 ^a	12.7 ^a
Bandeja de 128 celdas	686.1 ^a	1673.5 ^a	514.6 ^a	1.9 ^a	12.7 ^a
Bandeja de 128 celdas con Mycoral [®]	550.6 ^{bc}	1265.5 ^a	388.0 ^a	1.6 ^a	9.5 ^a
Cajón de Madera	427.0 ^c	816.8 ^b	252.2 ^b	1.3 ^b	6.3 ^b
Cajón de Madera con Mycoral [®]	432.8 ^c	833.8 ^b	248.1 ^b	1.1 ^b	5.9 ^b
R ² %	70.1	66.6	70.9	72.9	73.7
CV %	23.2	38.1	33.9	24.3	31.3

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, P < 0.05.

[§]Laboratorio de Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol.

Peso Seco: El peso seco de las hojas, tallos, raíces y total de las plantas sembradas en bandejas de 72 y 128 celdas fue mayor que el de las de cajones de madera, el Mycoral[®] no tuvo efecto para ninguna de las variables medidas (Cuadro 14). Las plantas sembradas en bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas tuvieron un mayor desarrollo para todas las variables medidas, lo cual indica que hubo una mayor producción de biomasa comparado con las plantas sembradas en cajones de madera.

Cuadro 14. Materia seca de hojas, tallos y raíces de la planta de café 'Lempira' 12 semanas después en la etapa de vivero, LFBA-PIF[§]. Zamorano, Honduras, 2008.

Tratamiento	Peso Seco (g / planta)		
	Hojas	Tallos	Raíces
Bandeja 72 celdas	0.60 ^a	0.14 ^a	0.20 ^a
Bandeja 72 celdas con Mycoral [®]	0.68 ^a	0.19 ^a	0.32 ^a
Bandeja de 128 celdas	0.76 ^a	0.20 ^a	0.30 ^a
Bandeja de 128 celdas con Mycoral [®]	0.57 ^a	0.13 ^a	0.21 ^a
Cajón de Madera	0.40 ^b	0.09 ^b	0.13 ^b
Cajón de Madera con Mycoral [®]	0.41 ^b	0.09 ^b	0.14 ^b
R ² %	72.3	75.6	72.6
CV %	31.9	34.1	42.9

Medias con letra diferente en la misma columna difieren significativamente, P < 0.05.

[§]Laboratorio de Fitomejoramiento y Biotecnología Aplicada del Programa de Investigaciones en Frijol.

COMPARACIÓN DE COSTOS

En la etapa de semillero, los costos de producción de plantas de café, son un 89 y 93% más bajos en bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas que de plantas de siembra directa en bolsa. Sin embargo, los costos del semillero tradicional son más bajos que los demás envases, ya que para establecer este último no se utiliza ningún envase (Cuadro 15).

Cuadro 15. Costos de producción de plantas de café en Lempiras en cuatro envases, en las etapas de semillero y vivero. Zamorano, Honduras, 2008.

Etapa	Concepto [§]	Envase			
		Bandejas de 128 Celdas ^β	Bandejas de 72 Celdas ^β	Bolsa plástica	Semillero Tradicional
	Envase	9.60	9.60	0.35	0
	Sustrato	12.19	12.19	1.28	0.07
	Mano de obra	3.40	2.82	1.24	0.08
	Costo por envase	25.19	24.61	2.87	0.15
Semillero	Costo por planta	0.20	0.34	2.87	0.15
	Envase	0.35	0.35	0	0.35
	Sustrato	1.28	1.28	0	1.28
	Mano de obra	0.79	0.80	0	0.78
	Costo por envase	2.42	2.43	0	2.41
Vivero	Costo por planta	2.42	2.43	0	2.41
Costo total por planta		2.66	2.83	2.93	2.62

^βNo incluye costos de invernaderos. Costo del dólar = 19.02 L.

[§]Costo de Insumos es 0.06 L por tratamiento

Los costos totales (Anexo 2) por cada envase muestran que el semillero es la forma más barata de propagar el café por semilla, ya que tiene un costo menor en envases. La diferencia entre el costo total de producir 5,000 plantas en semillero y en bandeja de espuma plástica de 128 celdas es de 341.64 L (2%), diferencia que podría verse justificada por la calidad de plantas de café obtenidas en la bandeja (Cuadro 13).

El costo de añadir el Mycoral[®] es de 0.06 L / semilla en semillero y 0.84 L / planta en vivero, asumiendo un costo de 12 L por kg de Mycoral[®].

CONCLUSIONES

- Las bandejas de espuma plástica de 72 y 128 celdas incrementaron el porcentaje de germinación; el área foliar y radical; el número de hojas, el volumen, diámetro y longitud de raíces; el peso seco y número de plantas vivas de café 'Lempira' en semillero y vivero.
- La aplicación de Mycoral[®] en bandejas de espuma plástica 72 celdas en vivero sólo incrementó el área foliar de café 'Catuaí'.
- El alto nivel de fósforo en el sustrato y el suelo parece haber limitado la asociación simbiótica de la raíz con la micorriza.
- El prolongado tiempo en la etapa de vivero del primer ensayo redujo el efecto de los envases y el Mycoral[®].

RECOMENDACIONES

- Evaluar el mismo sustrato en todos los envases para así determinar si la diferencia entre tratamientos es debida a los recipientes y no al sustrato.
- Aplicar un tratamiento preventivo para enfermedades fungosas en semillero ya sea por medios químicos o físicos al sustrato o utilizando productos biológicos como *Trichoderma*, en lugar de utilizar micorrizas.
- Utilizar sustratos con niveles bajos de fósforo, con fertilidad media o baja para evaluar el efecto de las micorrizas.
- Aplicar el Mycoral[®] en café al inicio de cada etapa, de esta forma se evita que compita con las micorrizas nativas del suelo para colonizar las raíces.
- Llevar este tipo de ensayos hasta producción para determinar el efecto de los tratamientos en la producción y rentabilidad del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. 1995. Fitopatología. San Diego Academic Press. México. 628p.

Alarcón, A.; Ferrera-Cerrato R. (eds.). 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa. México. 251 p.

Andrade, S.A.; Jorge, R.A.; Silveira, A.P. 2005. Cadmium effect on the association of jackbean (*Canavalia ensiformis*) and arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Agricola*, 62:389-394.

Arguello, H.; Lastres, L.; Rueda, A. Ed. 2007. Manual MIP en Cucúrbitas. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 244 p.

Banco Central de Honduras (BCH) 2007. Honduras en cifras 2003-2007. (En línea) consultado en septiembre de 2008. Disponible en:
http://www.bch.hn/download/honduras_en_cifras/hencifras2003_2007.pdf

Cerna Barrantes, J.C. 2006. Comparación del crecimiento de plantas de papayo (*Carica papaya*) propagadas en cuatro envases Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 26 p.

Coello Wilches, A.A. 2004. Efecto del biofertilizante Mycoral® en el crecimiento fisiológico de plátano con 5 meses de establecimiento en el campo de El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 28 p.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) 2005. Major Food and Agricultural Commodities Producers. (En línea) consultado en septiembre de 2008. Disponible en: www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=656&year=2005

Guevara, E.; Herrera, J.; Alizaga, R. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café 'Caturra'. *Agronomía Costarricense* 21(2): 207-216.

González Kaiser, D.O. 2001. Comparación entre la bolsa y el cono macetero o tubete en la producción de plantas de café. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 24 p.

Hepper, C.; Warner, A. 1983. Role of organic matter in growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in soil. *Trans. Br. Mycol. Soc. Cambridge* 81: 155-156.

Instituto Hondureño de Café (IHCAFE). 2007. Generalidades del Cultivo de Café en Honduras. (En línea) consultado en septiembre de 2008. Disponible en: www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/generalidades_cafe.pdf

Instituto Hondureño de Café (IHCAFE). 2007. Informe de Cierre Cosecha 2006-2007. (En línea) consultado en septiembre de 2008. Disponible en: www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/informe_%202006-2007.pdf

Instituto Hondureño de Café (IHCAFE). 2001. Manual de Caficultura, Tegucigalpa, M.D.C., Honduras, p. 33-44.

Le Tacon, F.; Skinner, F.A.; Mosse, B. 1983. Spore germination and hyphal growth of a vesicular arbuscular micorrhizal fungus, *Glomus mosseae* (Gedermann and Trappe) under decreased oxygen and increased carbon dioxide concentrations. *Canadian Journal of Microbiology* 29: 1280-1285.

Raddatz, E. 2007. VAM, y la resistencia de las plantas contra causantes de daños. Cali Colombia, 23p.

Raddatz, E. 2003. Mycoral Hongos Benéficos (en línea) consultado en septiembre de 2008. Disponible en: <http://www.mycoral.de/espanol/index-espanol.htm>

Read, D.J.; Lewis, D.H.; Fitter, A.H.; Alexander, I.J. 1992. *Mycorrhizas in Ecosystems*, CAB International, Wallington Oxon OX10 8DE, UK, 419 p.

Rodríguez Morera, J.L. 2001. Efecto del biofertilizante Mycoral® (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica*) en vivero. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 44 p.

Romero Oseguera, G.A. 2006. Determinación de la dosis del biofertilizante Mycoral® en semillero, vivero y establecimiento del café, en El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 28 p.

Sparks, D.L. 1996. Ed. *Methods of Soil Analysis. Parte 3. Chemical Methods*. 1996. Soil Science Society of America, Inc. Libro 5 de la serie: Soil Science Society of America Book Series.

Toala Luna, G.V. 2007. Comparación del uso de bandejas con el sistema convencional de producción de plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 22 p.

Westerman, R.L. 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*. Tercera Edición. Soil Science Society of America, Inc. Libro 3 de la serie: Soil Science Society of America Book Series.

ANEXOS

Anexo 1. Composición y características químicas y físicas del sustrato PRO-MIX VFT^{®4},

Rango pH: 5.0 - 6.0 (S.M.E.⁵)

pH incubado: < 6.0 después de 7 días de saturación (S.M.E.)

Conductividad eléctrica: 1.6 - 2.2 mmhos/cm (S.M.E.)

Análisis de nutrientes del sustrato PRO-MIX VFT:

Nutrientes	Rango (ppm)
N	120-200
P	25-55
K	120-180
Ca	100-180
Mg	20-45
S	30-100
Fe	1.8-3.0
Zn	0.3-3.0
Cu	< 0.5
Mn	0.1-3.0
B	< 0.6

Características físicas del sustrato:

Porosidad: 10 - 15% por volumen

Densidad: 0.13 - 0.16 g/cm³

Contenido de humedad: 35 - 50 % por peso

Peso saturado: 750 g/l

Capacidad de almacenar agua: 50 - 70 % por volumen

⁴ Fuentes: Technical Data PRO-MIX VFT, Fabricado por Premier Horticulture, Grower Services, USA.

⁵ Saturated Medium Extract (S.M.E.) = Extracto saturado del medio

Anexo 2. Desglose de costos para producir un vivero de café para trasplantar una hectárea utilizando cuatro diferentes envases, en condiciones de Zamorano, Honduras, 2008.

Supuestos:

Una libra de semillas: 1200-1600 semillas a 30% de humedad (1000 semillas por m²)

Plantas por hectárea: 5000 (distanciamiento de 1 m entre plantas y 2 m entre hileras)

Costo de mano de obra por hora: 16.25 L

Porcentaje de germinación y supervivencia hasta vivero de la semilla: 75%

Sustrato de suelo y arena 2 : 1

Tasa de cambio \$: 19.02 Lempiras

Costos de producción en L de bandejas de espuma plástica de 128 celdas

Etapa de Semillero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bandeja 128	55	Bandejas	9.60	528.00
Semillas	7	Libras	35.00	245.00
Sustrato PRO-MIX VFT®	0.15	Metro cúbico	4,468.72	670.31
Total				1,443.31

Mano de obra

Actividad	Horas	Total
Llenado de bandejas	2	32.50
Siembra	5	81.25
Traslado de bandejas	0.5	8.13
Riegos	4	65.00
Total Mano de obra		186.88
Costo Total		1,630.18
Por Planta		0.33

Etapa de Vivero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bolsa 22 x30 cm	5,000	Bolsas	0.35	1750.00
Urea	6	Libras	5.41	32.46
KNO ₃	6	Libras	7.64	45.84
Sustrato suelo arena	24	Metro cúbico	266.67	6400.08
Total				8228.38

Mano de obra

Actividad	Horas	Total
Preparación del Medio	16	260.00
Llenado de Bolsas	40	650.00
Trasplante	16	260.00
Deshierbe	67	1,088.75
Traslado de bolsas	83	1,348.75
Traslado de bandejas	2.5	40.63
Fertilización	3	48.75
Riegos	15	243.75
Total Mano de obra		3940.63
Costo Total		12,169.01
Por Planta		2.43

Costos de producción en L de bandejas de espuma plástica de 72 celdas

Etapa de Semillero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bandeja 72	98	Bandejas	9.60	940.80
Semillas	7	Libras	35.00	245.00
Sustrato PRO-MIX VFT [®]	0.26	Metro cúbico	4,468.72	1,161.87
Total				2,347.67

Mano de obra

Actividad	Jornales	Total
Llenado de bandejas	4	65.00
Siembra	5	81.25
Traslado de bandejas	1	16.25
Riegos	7	113.75
Total Mano de obra		276.25
Costo Total		2,623.92
Por Planta		0.52

Etapa de Vivero

Costos iniciales

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bolsa 22 ×30 cm	5,000	Bolsas	0.35	1,750.00
Sustrato suelo arena	24	Metro Cúbico	266.67	6,400.08
Urea	6	Libras	5.41	32.46
KNO ₃	6	Libras	7.64	45.84
Total				8,228.38

Mano de obra

Insumo	Jornales	Total
Preparación del Medio	16	260.00
Llenado de Bolsas	40	650.00
Traslado de bandejas	5	81.25
Traslado de bolsas	83	1,348.75
Trasplante	16	260.00
Riegos	15	243.75
Fertilización	3	48.75
Deshierbe	67	1,088.75
Total Mano de obra		3,981.25
Costo Total		12,209.63
Por Planta		2.44

Costos de producción en L de siembra directa en bolsa de 22 × 30 cm

Siembra directa en bolsa etapas de semillero y vivero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bolsa 22 ×30 cm	7,000	Bolsas	0.35	2,450.00
Semillas	7	Libras	35.00	245.00
Urea	6	Libras	5.41	32.46
KNO ₃	6	Libras	7.64	45.84
Sustrato suelo arena	30	Metro Cúbico	266.67	8,000.10
Total				10,773.40

Mano de obra

Actividad	Horas	Total
Preparación del Medio	20	325.00
Llenado de Bolsas	56	910.00
Siembra	10	162.50
Deshierbe	163	2,653.79
Riegos	11	178.75
Fertilización	3	48.75
Traslado Bolsas	117	1,901.25
Total Mano de obra		6,180.04
Costo Total		16,953.44
Por Planta		3.39

Costos de producción en L de semillero tradicional

Etapa de Semillero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario L	Total L
Semillas	7	Libras	35.00	245.00
Sustrato suelo arena	1.75	Metro Cúbico	266.67	466.67
Total				711.67

Mano de obra

Actividad	Horas	Total
Construcción de camas	16	260.00
Siembra	12	195.00
Deshierbe	3	48.75
Riegos	3	48.75
Cobertura y colocación	4	65.00
Total Mano de obra		617.50
Costo Total		1,329.17
Por Planta		0.27

Etapa de vivero

Costos iniciales

Insumo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Bolsa 22.86×30.48cm	5,000	Bolsas	0.35	1,750.00
Urea	6	Libras	5.41	32.46
KNO ₃	6	Libras	7.64	45.84
Sustrato suelo arena	24	Metro Cúbico	266.67	6,400.08
Total				8,228.38

Mano de Obra

Actividad	Horas	Total
Preparación del Medio	16	260.00
Llenado de Bolsas	40	650.00
Trasplante	16	260.00
Deshierbe	67	1,088.75
Riegos	15	243.75
Fertilización	3	48.75
Traslado de bolsas	83	1,348.75
Total Mano de obra		4,290.00
Costo Total		12,128.38
Por Planta		2.43