

**ZAMORANO**  
**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**

**Efecto del biofertilizante Mycoral<sup>®</sup> (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L.) en vivero en Zamorano, Honduras.**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado  
académico de Licenciatura**

**Presentado por:**

**José Leopoldo Rodríguez Morera**

Zamorano, Honduras  
**Agosto, 2001**

**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.**

---

**José Leopoldo Rodríguez Morera**

Zamorano-Honduras  
Agosto, 2001

**Efecto del biofertilizante Mycoral<sup>®</sup> (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L.) en vivero en Zamorano, Honduras.**

**Presentado por**

**José Leopoldo Rodríguez Morera**

Aprobado:

---

Odilo Duarte, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Coordinador de Área Temática

---

Gabriel Chiriboga, Ing. Agr.  
Asesor  
**de Ciencia y Producción Agropecuaria**

---

Jorge Iván Restrepo, M.B.A  
Coordinador de la Carrera

---

Mauricio Huete, Ing. Agr.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph. D.  
Decano Académico

---

Pablo Paz, Ph.D.  
Coordinador PIA Fitotecnia

---

Keith L. Andrews, Ph.D.  
Director General.

## DEDICATORIA.

Todo el esfuerzo y empeño puesto durante los cuatro años de estudios y en este trabajo de investigación van dedicados la persona que me dio la vida, a Dios padre y la Virgen María que nunca me han dejado desamparado, a ellos no terminare de pagarles todo lo que me han dado.

A las personas mas especiales sobre la faz de esta tierra, que me han sabido educar de una forma muy peculiar y a trabajar en el campo agrícola cuyo sacrificio a sido con alma vida y corazón para con sus hijos, Mi padre JOSE ANIBAL RODRIGUEZ ARIAS, Mi madre MARIA DE LOS ANGELES MORERA PACHECO, a mis hermanas ILSE, EUFRACIA, por su apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A las personas que han pasado a mejor vida y que en mis adentros les hice la promesa de graduarme de esta institución a como diera lugar y que se encuentran en un espacio de mi corazón, Mi Tío abuelo PADRE JOSE MARIA PACHECO VASQUEZ, Mi abuela ROSA BERTALIA ARIAS ALPIZAR (OLGA).

Por supuesto a mis abuelos acá en la tierra quienes de alguna u otra manera se han preocupado por el bienestar de los nietos, dándonos sus consejos tan sabios originados de la experiencia en la vida, OLGA MARTA PACHECO VASQUEZ, JOSE ELI MORERA CASTILLO, DANIEL LEOPOLDO RODRIGUEZ CASTRO.

A mis tíos y tías de ambas familias es especial a José Elí Morera Pacheco (CHELI) quienes me han apoyado en los momentos que lo necesitaba y compartir momentos agradables con ellos.

A las personas que no tenían fe en mi persona, por la simple razón de no tener un promedio excelente, ya ven el promedio de una clase no significa nada. A las personas que nos les importo eso, a ellos muchas gracias porque han permitido que se creara un profesional mas que no defraudara a su alma mater, El Zamorano.

## AGRADECIMIENTOS.

A Dios representado en El Divino Niño Jesús y a Virgencita de los Ángeles por la salud y sabiduría que me han dado para discernir entre lo bueno y lo malo.

A mis padres José Aníbal Rodríguez Aria, María de los Ángeles Morera Pacheco y mis hermanas Eufracia, Ilse , por todo el apoyo que me han brindado y porque nunca dejaron de creer en mí, transmitiendo su confianza en todo lo que se hace.

Al Dr. Odilo Duarte, por haber sido un excelente asesor y amigo, brindándome todo el apoyo que necesitaba, también por haberme dado una segunda oportunidad o haber influido en la decisión le estaré agradecido toda mi vida.

Al Ing. Gabriel Chiriboga que ha tenido la paciencia y buena voluntad de ayudarme en la elaboración de este trabajo y a su señora esposa, Cecy, por sus palabras de aliento y su simpatía.

Al Ing. Mauricio Huete, por el apoyo técnico brindado a la hora de transplante en el campo y su espíritu de colaboración durante el proyecto.

A mis amigos del Barrio, Rafa, Ricardo, Guillermo, Miguel, Douglas, por los buenos momentos que hemos pasado juntos y espero que algún día nos volvamos a reunir para hacer un buen despiche.

A la familia Boquin Kivett, que ha sido de gran apoyo y he encontrado en ellos una segunda familia en los que pude desahogar mis penas de una forma muy disimulada, les estoy muy agradecido para toda la vida y nunca los olvidare.

A mis amigos y amigas de El Zamorano, en especial a una persona de Honduras, Nidia Valeriano, que con su forma distinta y especial de ser cambio mi forma de pensar y me dio la razón con una sola palabra para seguir siendo tal y como soy. Siempre te llevaré en el corazón

A Hernán, Gerardo y Ignacio muchas gracias por su amistad brindada, sus consejos y apoyo que siempre tuve por parte de ustedes.

A todos mis amigos, profesores, instructores que de una u otra manera contribuyeron y me dieron el apoyo para cumplir esta meta.

Al Dr. Raddatz, quien ha facilitado las cepas de producto Mycoral® para estos experimentos. El Dr. ha orientado a Zamorano en este importante campo de la biotecnología, que será de gran impacto para el futuro de la agricultura. Muchas gracias por sus enseñanzas.

## AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis padres muchas gracias por haber confiado en mi y a pesar de todo lo difícil de la situación económica, darme la oportunidad de ser un profesional.

Al Ing. Juan Bonilla A, por su gran ayuda cuando me encontraba cursado el Programa de Agrónomo y haberme permitido llegar a concluir el Programa de Ingeniería Agronómica.

## RESUMEN

Rodríguez, José Leopoldo. 2001. Efecto del biofertilizante Mycoral<sup>®</sup> (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L.) en vivero. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 44 p.

El cultivo del café es manejado en forma insostenible por la mayoría de los pequeños y medianos caficultores. Una alternativa para aumentar la producción son las micorrizas, que son hongos que se encuentran en simbiosis mutualista con las raíces de las plantas. El objetivo fue evaluar la efectividad del biofertilizante Mycoral<sup>®</sup> en plántulas de café 'Lempira' en vivero. El experimento se realizó de mayo 2000 a abril 2001. Los tratamientos fueron: siembra en almácigo o bandeja multiceldas, en un medio tierra:arena: casulla (2:1:0.25) pasteurizado o sin pasteurizar; inoculado o sin inocular con Mycoral<sup>®</sup>, lo que totalizó ocho tratamientos con cuatro repeticiones de 10 plantas cada una, en un Diseño Completo al Azar. Se tomaron datos a los 85 días después de siembra (dds) y ocho meses después de siembra. A los 85 dds el Mycoral<sup>®</sup>, sobre todo en la bandeja multicelda, resultó en un aumento significativo del peso seco de la planta (25-51%), altura de la parte aérea (10-20%) y número de raíces secundarias (40-50%), ya que la planta estaba aislada en una celda y tenía más disponibilidad de nutrientes. La longitud de la raíz pivotante en la siembra en almácigo aumentó 35-50%, la bandeja tuvo la raíz pivotante más corta que en el almácigo por el menor tamaño de la celda, incluso el efecto de Mycoral<sup>®</sup> no fue significativo. A los ocho meses aumentó la longitud de la raíz pivotante y la altura de la planta en más del 20%, el grosor del tallo en 25%, el número de hojas en 30% y el volumen de raíz en más del 100% al utilizar Mycoral<sup>®</sup>, ésto debido a la buena inoculación realizada a la siembra y la capacidad de las micorrizas de proporcionar nutrientes poco disponibles a la planta. En todos los tratamientos el peso fresco y seco total fueron casi duplicados al usar Mycoral<sup>®</sup>. No fue tan importante pasteurizar el medio, pero se recomienda hacerlo pues mejora el efecto benéfico de la micorriza. En general la siembra en almácigo produjo plantas más grandes que la bandeja multicelda y en ambos casos el Mycoral<sup>®</sup> y el medio pasteurizado fue la mejor combinación para las plantas.

Palabras claves: Almácigo, bandeja, hongos micorizógenos, infección, inoculación, siembra tradicional.

---

Abelino Pitty, Ph.D

## NOTA DE PRENSA

### LAS MICORRIZAS: LA REVOLUCIÓN COMO ABONO VIVO

Mycoral<sup>®</sup> es un producto 100% natural, biológico, compuesto por micorrizas, que mejora significativamente el crecimiento de la planta y activa su capacidad de resistencia a las enfermedades. La función de este hongo benéfico del suelo, que vive en convivencia a la raíz de las plantas, es conducir macro, micro nutrientes y agua hacia la raíz; a cambio, el hongo recibe carbohidratos que le sirve para alimentarse.

Los resultados indican que al utilizar micorrizas sobre todo en plantas que permanecen en el campo por varios años, como árboles nativos, frutales, café, banano, palma africana, pastos comunes, así como también hortalizas, podemos observar buenas mejoras en el crecimiento y lo más importante en la producción; la micorriza es capaz de convivir y beneficiar al 95% de todas las especies existentes de plantas.

En un estudio reciente realizado en Zamorano, en el periodo 2000-2001, se utilizó Mycoral<sup>®</sup> en el cultivo del café a nivel de vivero. El producto, compuesto por una mezcla de suelo franco y tres géneros de micorriza, logró un aumento de 245 % en el peso seco de la parte radicular y de un 160 % en la parte foliar, asimismo, una mejor apariencia en coloración y estructura, en comparación con plantas que no fueron inoculadas con Mycoral<sup>®</sup>.

Por otra parte, se identificó una reducción de infección de un hongo dañino llamado Cercospora que ataca la parte foliar en los primeros estadios de la planta en el vivero, incluso en los primeros meses después de transplante al campo. Esta enfermedad se hace presente principalmente por una desnutrición de la planta que se produce por la poca capacidad de las raíces de absorber elementos no disponibles, en plantas bien nutridas, la infección es menos atenuada. Los análisis se realizaron en plantas con ocho meses de edad.

En estudios realizados en Alemania, Colombia, Guatemala, Honduras (Zamorano) se ha concluido que el gasto de inocular con micorrizas es bajo, comparado con los beneficios que se obtendrá cuando el hongo se encuentre establecido y en asociación con las raíces de la planta. Para nombrar un ejemplo el kilogramo (1000g) de producto registrado



Mycoral® cuesta \$2 y rinde para hacer inoculación de semillas en un promedio de 100 semillas dependiendo del tamaño.

Al utilizar micorrizas estamos devolviendo al ambiente una asociación que había desaparecido por la acción del hombre, debido a las malas prácticas del uso de la tierra que demanda de productos agrícolas, sin importar la sostenibilidad de los recursos.

De igual forma, las micorrizas aseguran un aumento en la producción a un costo menor, porque el abono ayuda a mantener nutrida la planta, aprovechando al máximo lo que el suelo tiene y mejorando la estructura del terreno. Además, permite una menor utilización de fertilizantes inorgánicos, menos aplicaciones de plaguicidas, menos contaminación. Una planta bien alimentada cuando es pequeña, será una planta fuerte y sana cuando sea adulta.

---

Licda. Sobeyda Alvarez.

## CONTENIDO

Portadilla.....		i
Autoría.....		ii
Página de firmas.....		iii
Dedicatoria.....		iv
Agradecimientos.....		v
Agradecimientos a patrocinadores.....		vii
Resumen.....		viii
Nota de prensa.....		ix
Contenido.....		xi
Índice de figuras.....		xiv
Índice de cuadros.....		xv
Índice de anexos.....		xvi
1.    INTRODUCCIÓN.....		1
1.1.  OBJETIVOS.....		2
1.1.1.  Objetivo general.....		2
1.1.2.  Objetivos específicos.....		2
2.    REVISIÓN DE LITERATURA.....		3
2.1    ORIGEN Y TAXONOMÍA DEL CAFÉ.....		3
2.2    DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD LEMPIRA.....		3
2.3    NUTRICIÓN DE LA PLANTA.....		4
2.4    ASPECTOS IMPORTANTES DE LAS MICORRIZAS.....		5
2.4.1  Importancia de la micorriza arbuscular (AM) en el trópico.....		6
2.4.2  Morfología de las micorrizas dentro de la raíz.....		7
2.4.2.1  Esporas.....		7
2.4.2.2  Hifas.....		7
2.4.2.3  Arbúsculos.....		7
2.4.2.4  Vesículas.....		7
2.4.3  Tipos de micorrizas.....		10
2.4.3.1  Endomicorrizas (micorriza arbuscular).....		10
2.4.3.2  Ectomicorrizas.....		10
2.4.3.3  Micorrizas de orquídeas.....		10
2.4.3.4  Micorrizas ericoides.....		11
2.4.3.5  Micorrizas monotropoide.....		11
2.5    BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS PARA LAS PLANTAS.....		11

2.51	Aumentan la resistencia al ataque de patógenos.....	11
2.5.2	Mejoran la absorción de agua aumentan la resistencia de la planta a la sequía.....	12
2.5.3	Aumentan la resistencia altas concentraciones de sales en el sustrato.....	12
2.5.4	Mejoran la estructura del suelo.....	12
2.5.5	Cambian las relaciones hormonales.....	12
2.5.6	Alteran la relación parte / aérea.....	13
2.6	FACTORES MÁS IMPORTANTES QUE AFECTAN A LAS MICORRIZAS.....	13
2.6.1	Factores biológicos.....	13
2.6.2	Factores físicos.....	14
2.6.3	Factores químicos.....	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	LOCALIZACIÓN.....	16
3.2	SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEMILLERO.....	16
3.2.1	Materiales.....	17
3.2.2	Métodos usados.....	17
3.3	TRATAMIENTOS.....	18
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
3.5	VARIABLES MEDIDAS.....	19
3.5.1	Altura de la planta.....	19
3.5.2	Número de hojas.....	19
3.5.3	Número de raíces secundarias en la etapa de chapola.....	19
3.5.4	Grosor del tallo en el cuello.....	19
3.5.5	Peso fresco de raíz.....	20
3.5.6	Peso fresco de la parte aérea.....	20
3.5.7	Peso seco de la raíz, parte aérea y total.....	20
3.5.8	Volumen de raíces.....	20
3.5.9	Porcentaje de infección con micorriza.....	20
3.5.10	Número de esporas por 100g de muestra tomada.....	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1	RESULTADOS PARA DATOS TOMADOS A LOS 85 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.....	24
4.1.1	Número de raíces secundarias.....	24
4.1.2	Longitud de la raíz pivotante.....	25
4.1.3	Altura de la planta.....	26
4.1.4	Peso seco total.....	26
4.2	RESULTADOS OCHO MESES DESPUÉS DE LA SIEMBRA.....	27
4.2.1	Longitud de la raíz pivotante.....	27
4.2.2	Altura de planta.....	28
4.2.3	Grosor del tallo.....	29
4.2.4	Número de hojas.....	29
4.2.5	Volumen de raíz (ml).....	29
4.2.6	Peso fresco de la raíz.....	30

4.2.7	Peso fresco de la parte aérea.....	30
4.2.8	Peso seco total.....	31
4.3	OBSERVACIONES INCONCLUSAS A ESTUDIAR EN EL FUTURO.	32
5.	CONCLUSIONES.....	34
6.	RECOMENDACIONES.....	35
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
8.	ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS.

### Figura

1	Esporas, especie <i>Glomus</i> .....	8
2	Hifas intra e intercelulares. Teñido con Tripan Blue.....	8
3	Arbúsculos en raíz. Teñido con Tripan Blue.....	8
4	Arbúsculos. Teñido con Clorazol Black.....	8
5	Vesículas en raíces. Teñido con Tripan Blue.....	9
6	Estructura de la micorriza arbuscular (MA), en el tejido de la raíz.....	9
7	Número de raíces secundarias en plantas de café, 85 días después de la siembra.....	25
8	Peso seco total en plantas de café, 85 días después de la siembra.....	27

**ÍNDICE DE CUADROS.**

## Cuadro

1	Distribución de los ocho tratamientos en el vivero.....	18
2	Resultados de ocho tratamientos, en plántulas de café 85 días después de la siembra.....	26
3	Resultados de ocho tratamientos, en plantas de café ocho meses después de la siembra.....	28
4	Resultados de ocho tratamientos, en plantas de café ocho meses después de la siembra.....	31
5	Porcentaje de infección y número de esporas de micorrizas para plantas de café ocho meses después de la siembra.....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1	Formación de agregados con la ayuda de las hifas de la M.A.....	40
2	Siembra en almácigo tradicional.....	40
3	Siembra en bandeja multicelda.....	41
4	Ubicación del semillero en la estructura.....	41
5	Conteo del número de raíces secundarias.....	42
6	Horno de secado para determinar el peso seco.....	42
7	Método utilizado para determinar el porcentaje de infección.....	43
8	Análisis foliar en plantas de ocho meses después de la siembra.....	44

## 1. INTRODUCCIÓN.

El café y su cultivo, representa para muchos países una actividad económica altamente significativa, siendo una fuente que genera empleo a una cantidad considerable de personas tanto en la recolección del grano como en el mantenimiento de la plantación. El uso eficiente de la tecnología, es el modo más racional para mejorar el rendimiento del café.

Si bien es cierto que el café es una fuente de ingreso tanto para el productor como para el país, en los últimos años se ha presentado una disminución en el rendimiento de los productores pequeños, como consecuencia de la degradación del suelo y el uso escaso de tecnología, a esto se une el bajo precio de los mercados internacionales y los altos precios de los insumos, lo que obliga al productor a descuidar sus plantaciones y, en el peor de los casos, a hacer un mínimo de labores porque sus rendimientos no le cubren los costos entrando en un círculo vicioso.

Como una alternativa para aumentar la producción, en algunas partes del mundo se estudian las micorrizas. El término micorriza se debe al botánico alemán Frank que en 1885 lo utilizó para describir la existencia de raíces de plantas vasculares colonizadas con hongos. Las micorrizas actualmente se definen como la asociación simbiótica mutualista entre hongos y raíces de plantas superiores (Barreno,1991). El nombre procede de sus estructuras características: los arbusculos, que se forman por divisiones dicotómicas repetidas de las hifas del hongo en el interior de las células de la corteza de la raíz y las vesículas, que son órganos de reserva inter o intracelulares (Chavarría, 1999).

Las micorrizas arbusculares (AM) tienen la propiedad de aumentar el crecimiento de un gran porcentaje de plantas, al mejorar su nutrición mineral, especialmente si el nutriente obtenible del suelo es escaso, también pueden mejorar la absorción de agua en condiciones de poca disponibilidad (Chavarría, 1999). El Mycoral® es un producto biológico, 100 % natural y ecológico que contiene cepas seleccionadas de micorriza, cuya función principal es ayudar a absorber del suelo los macro y micro elementos, así como también agua, tal como se menciona líneas arriba, recibiendo a cambio carbohidratos para continuar con sus procesos fisiológicos. Entre los limitantes del manejo de los suelos en el trópico, el nitrógeno y el fósforo constituyen los dos elementos más críticos; el nitrógeno por su alto requerimiento y el fósforo por su fijación al suelo y su alto costo. En ambos casos las micorrizas mejoran la absorción y uso de estos elementos obtenidos del suelo, por lo que son una alternativa en la producción agrícola racional (Chavarría, 1999).

Con relación a los problemas principales en el cultivo de café, que son los bajos rendimientos y plagas del suelo como los nemátodos, las micorrizas son una herramienta biotecnológica que puede ayudar a cerca del 95% de las plantas existentes en el planeta, a reducir el daño por nemátodos y otros organismos del suelo, a la vez de mejorar su absorción de agua y nutrimentos. En café se ha hecho en Colombia muchos estudios con micorrizas, donde ha probado el efecto de las mismas sobre los nematodos; los resultados son asombrosos, ya que se ha detectado una disminución considerable en la población de



nemátodos. Otros ensayos han tenido que ver con el crecimiento de la planta cuyos resultados han sido muy buenos, todo esto en condiciones controladas. Se ha estudiado poco este tema a nivel de campo, sin embargo ya se está haciendo ensayos en muchos centros experimentales. Este estudio se realizó bajo condiciones controladas, pero con la idea de dejar establecidas en el campo las plantas, con inoculación de micorriza al momento de la siembra, para en posteriores estudios ver su comportamiento productivo.

Por ser el café una planta de crecimiento lento una limitante del estudio era el tiempo para poder realizar más estudios en el mismo año, razón por la cual el ensayo se dejó establecido en el campo sin llegar a evaluar rendimientos, que serán evaluados en posteriores estudios.

## **1.1 OBJETIVOS.**

### **1.1.1 Objetivo general.**

El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad del producto Mycoral<sup>®</sup> en plántulas de café variedad Lempira en el vivero, en dos tipos de semillero (tradicional y en bandejas multiceldas) con el fin de evaluar su efecto sobre el desarrollo de las plantas, tratar de establecer recomendaciones y conclusiones que puedan ser utilizadas por el productor de plantas y para el manejo de futuras plantaciones.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

1. Evaluar la diferencia en el crecimiento de las plantas en vivero por efecto de la inoculación.
2. Medir el porcentaje de infección con micorriza de las raíces de las plantas de cada tratamiento.
3. Dejar establecidas en el campo las plantas inoculadas y no inoculadas, para seguimiento y posteriores estudios.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 ORIGEN Y TAXONOMÍA DEL CAFÉ.

El café arábico se originó en las tierras altas de más de 1000 m.s.n.m. de Etiopía y Sudán, África. En los años 575 y 890 los persas y los árabes lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que los nativos africanos lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceilán, posteriormente a Java y la India, así como otras regiones de Asia y África. El gobernador de Java, Von Hoorn, en el año 1708, llevó algunas plantas a Holanda y obsequió a Luis XIV Rey de Francia una planta de café que fue sembrada en los invernaderos de París (Alvarado y Rojas, 1998).

En 1727 fue trasladado de Sumatra a Brasil, luego pasó a Perú y Paraguay y en 1825 a Hawái. Por otra parte, en el invernadero de París se multiplicaron las plantas y pasaron a la Guyana Francesa, África Ecuatorial, Haití y Santo Domingo. Luego se extendió a Puerto Rico y a El Salvador en 1740; a Bolivia, Ecuador y Panamá en 1784; por último, a Costa Rica, procedente de Cuba y Guatemala, entre 1796 y 1798 (Alvarado y Rojas, 1998).

Taxonomía: según Marzocca (1985) el café pertenece a la familia *Rubiaceae* y al género *Coffea* que tiene aproximadamente 100 especies, sin embargo solo tres son cultivadas comercialmente las cuales son: *Coffea arabica* L., *Coffea conephora* Pierre ex-Froehner conocida también como *Coffea robusta* y *Coffea liberica* Bull ex-Hiern. Los cafés de mejor calidad son producidos por *Coffea arabica*, mientras que las otras dos especies dan cafés de menor calidad pero pueden cultivarse en zonas más tropicales del mundo donde *Coffea arabica* no crece bien.

### 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD LEMPIRA.

La variedad Lempira, (progenie Catimor T-8667), al igual que el cultivar IHCAFE-90 proviene del cruce original entre una planta de la variedad Caturra susceptible a la roya y el Híbrido de Timor con resistencia, sintetizado en el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto (CIFC), Oeiras, Portugal en 1959, con el objetivo de transmitirle a la variedad Caturra de alta productividad y porte pequeño, los genes de resistencia a la roya (IHCAFE, 1998).

Según el IHCAFE (1998) la variedad Lempira es otra alternativa para los cafetaleros que cultivan en zonas donde la incidencia de roya es severa y la enfermedad es considerada un problema limitante en la producción. Además de la característica de resistencia a la roya, esta variedad presenta una buena estabilidad en su producción. En cuanto al porte se refiere se caracteriza por ser uniforme y bajo, muy parecido a la variedad Caturra; la planta presenta una forma compacta y simétrica, un poco más pequeña que Caturra, con bandolas medianas y abundantes de entrenudos cortos.

Otras cualidades mencionadas por el IHCAFE que caben ser destacadas son las siguientes:

- **Hojas:** Cuando adultas son de tamaño mediano, semejantes a las del Caturra y de color verde oscuro; cuando están jóvenes los bordes son de color bronceado oscuro.
- **Vigor:** presenta buen vigor vegetativo y buena respuesta a la poda y recepa.
- **Frutos:** son grandes y de color rojo cuando maduran.
- **Maduración:** es uniforme y presenta resistencia del fruto a la caída por lluvias o sobre maduración.
- **Calidad de bebida,** es buena con pocos defectos de grano, como grano caracol, o monstruo, también presenta cierta resistencia al ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y a la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), entre otras.

### 2.3 NUTRICIÓN DE LA PLANTA.

Todos los seres vivos, solo por el simple hecho de seguir con sus actividades naturales de crecimiento, mantenimiento y reproducción, necesitan de grandes cantidades de energía para reponer las que utilizan. Los animales por ser heterótrofos adquieren esta energía de la comida que ingieren, por el contrario las plantas son organismos autótrofos que transforman, por medio de la fotosíntesis, los minerales de varios tipos que son absorbidos por el sistema radicular.

El suelo juega un papel muy importante en el buen desempeño y salud de las plantas productoras, porque el mismo esta formado por roca desgastada y descompuesta por el tiempo, donde existen en solución con el agua y el aire fragmentos de minerales, es así como un suelo fértil permite a las raíces crecer a través de sus partículas y extraer los minerales en cantidades adecuadas.

Según Nociones de Fisiología (2000) las plantas usan esos minerales para hacer componentes estructurales de carbohidratos y proteínas, componentes de macro moléculas utilizadas en el metabolismo (como el magnesio en la clorofila y el fósforo en la ATP), activar enzimas (como el potasio que activa posiblemente cincuenta enzimas) y mantener el balance osmótico.

El principal problema que se presenta en los trópicos son los suelos malos y frágiles, así como los ecosistemas que éste presenta, parte del decremento en la calidad del suelo ha sido causado por el mal manejo que el hombre le ha dado, dañando seriamente la flora y fauna del suelo, por lo que se ha tenido que hacer uso de fertilizantes inorgánicos para cubrir los requerimientos de la planta y proporcionarle una dieta balanceada para su óptimo crecimiento.

Los elementos que se necesitan para una buena dieta de la planta son el carbono, hidrógeno y el oxígeno que son considerados los elementos esenciales y que la planta los obtiene del aire y del agua. El nitrógeno, el potasio y el fósforo se obtienen del suelo y son

los macro nutrientes primarios. El calcio, el magnesio y el azufre son los macro nutrientes secundarios necesarios en menor cantidad. Entre los micro nutrientes, necesarios en muy pequeñas cantidades y tóxicos cuando aumenta su concentración, se encuentra el hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y cloro (Nociones de fisiología, 2000)

Parte de la deficiente producción y malos rendimientos o los altos costos incurridos en las fertilizaciones y plaguicidas, se deben a que los elementos antes mencionados no se encuentran disponibles para la planta y esto se debe a su vez al deterioro de los suelos; aquí es donde entran las micorrizas a jugar un papel importante en el mejoramiento del suelo, así como también en su papel de hacer disponibles, principalmente los macro y micro nutrientes, que antes no lo eran. (Raddatz, 2000)<sup>1</sup>

## **2.4 ASPECTOS IMPORTANTES DE LAS MICORRIZAS.**

El término micorriza se debe al botánico alemán Frank, que en 1885 lo utilizó para describir la existencia de raíces de plantas vasculares que estaban infectadas con hongos. Las micorrizas actualmente se definen como asociaciones simbióticas mutualistas entre hongos y raíces de plantas superiores (Barreno, 1991).

En el pasado existía una contradicción acerca de los hongos, hoy en día hay muy pocas dudas entre los investigadores y científicos acerca de los beneficios de los hongos micorrícicos en el crecimiento, desarrollo y supervivencia de la mayoría de las plantas en los ecosistemas terrestres.

La evidencia fósil reciente y los patrones moleculares de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) basados en secuencia de genes ribosomales, los ubica entre 400 y 500 millones de años de antigüedad y evolucionando en la misma época en que las plantas se establecían en el medio ambiente terrestre. Las simbiosis formadas entre los hongos ecto y endomicorrícicos y sus hospederos vegetales son factores determinantes en la estabilidad de las comunidades de plantas en los ecosistemas glomales (Guerrero, 1996).

Aunque las micorrizas fueron consideradas al principio como una curiosidad biológica, hoy en día se sabe que la inmensa mayoría de las plantas terrestres (hepáticas, gimnospermas y angiospermas) tienen sus raíces micorrizadas con distintos grupos de hongos y que gracias a ello se asegura el buen desarrollo de estas plantas, sobre todo aquellas que crecen en suelos pobres en nutrientes. En conjunto las plantas micorrizadas se encuentran en mejor disposición para soportar condiciones ecológicas adversas tales como severidad del clima, elevación de la temperatura en el suelo, presencia de agentes contaminantes, estrés del transplante, entre otros (Chavarría, 1999).

Es importante reconocer que de todas las clases de micorrizas que existen las endomicorrizas y las ectomicorrizas son las más comunes y las más importantes desde el punto de vista ecológico, siendo las que intervienen en forma definitiva en la constitución,

---

<sup>1</sup> Raddatz, E. 2000. Deficiencia de los suelos en Centro América. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).

dinamismo y equilibrio de las comunidades vegetales. Dentro de las endomicorrizas los géneros mas importantes y que se han probado en este y otros estudios son *Glomus*, *Acaulospora* y *Entrophospora*. (Chiriboga, 2001 )<sup>2</sup>

La manipulación biotecnológica de las micorrizas puede permitir en un futuro elevar la productividad sobre suelos pobres o degradados, la reforestación de vastos territorios con flora autóctona o el cultivo de hongos micorrizógenos pueden constituir una alternativa a la emigración y despoblamiento de los campos agrícolas. No dejando de lado el potencial que tienen las micorrizas como verdaderos fertilizantes biológicos. En lo referente a la biotecnología de selección genética de plantas cultivadas *in vitro*, las micorrizas ejercen un papel fundamental en el enraizamiento y posterior aclimatación de las plantas sobre el terreno ( Chavarría, 1999).

#### **2.4.1 Importancia de la Micorrizas Arbusculares (AM) en el trópico.**

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares tienen la propiedad de aumentar el crecimiento de un gran porcentaje de especies de plantas, por medio de un mejoramiento en la nutrición mineral, especialmente si el componente mineral obtenible del suelo es bajo, también pueden mejorar la toma de agua en condiciones de poca disponibilidad (Linderman, 1992).

Una de las características que se ha descubierto en las micorrizas es que éstas se encuentran en forma natural en todos los suelos, sin importar el clima y lo más interesante es que según Safir (1987), se ha estimado que cerca del 95 % de las plantas vasculares en el mundo pertenecen a familias que son micorrizicas, con esto se corrobora lo mencionado anteriormente, que las micorrizas han evolucionado a través del tiempo junto a las plantas.

Tomando en consideración las limitantes que existen en el manejo de los suelos en el trópico, los dos elementos que son considerados como más críticos son el nitrógeno y el fósforo; el nitrógeno por su alto consumo y el fósforo por su fijación y alto costo en el mercado, es por esto y lo antes dicho que las micorrizas pueden ser considerada una alternativa en la producción agrícola. Según Sánchez y Salinas (1980), una tecnología para incorporar en la producción a suelos deficientes de fósforo es precisamente el aprovechamiento de micorrizas.

#### **2.4.2 Morfología de las micorrizas dentro de la raíz.**

Para poder examinar una raíz y hacer un diagnóstico certero de la infección que tiene la planta y el tipo de micorriza presente, se debe tener un amplio conocimiento de las estructuras que forman al hongo en que son características cuatro partes principales que son la base primordial en el estudio de la materia (Figura 6)

---

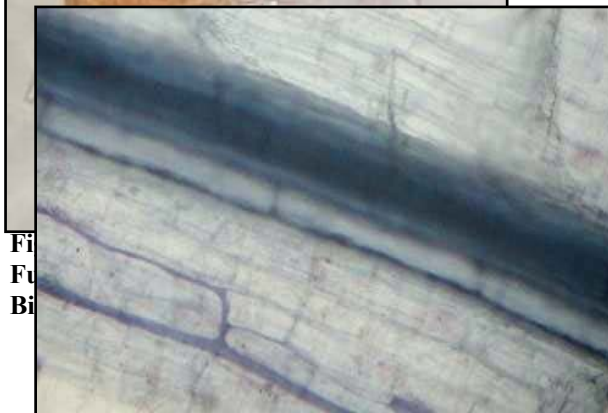
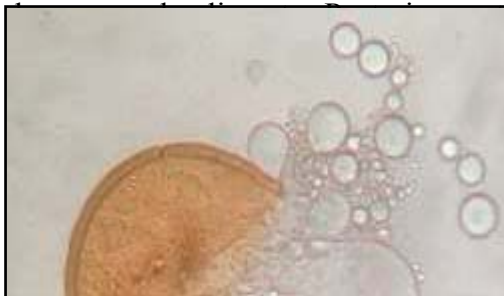
<sup>2</sup> Chiriboga, G. 2001. Tipos de micorrizas. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).

**2.4.2.1 Esporas.** Es uno de los medios reproductivos del hongo, al germinar producen una estructura denominada hifas. La germinación de la espora se debe al estímulo de exudados producidos por las raíces de las plantas llamados flavonoides; sin embargo, este es solo uno de los tantos aminoácidos y carbohidratos que participan en la germinación de la espora siendo los flavonoides los más importantes (Chiriboga, 2001)<sup>3</sup>. El tiempo que necesita una espora para su germinación es alrededor de uno a dos meses, dependiendo de la especie con que se este trabajando (Figura 1).

**2.4.2.2 Hifas.** De esporas germinadas o del micelio externo, las hifas penetran en la raíz y forman un apresorio en las capas mas internas del parénquima cortical. La infección también puede ocurrir por hifas que recorren la superficie de las raíces. Estas hifas también hacen un haustorio para entrar en la raíz. Se pueden presentar dos tipos de hifas: gruesas y delgadas, cuyo crecimiento en la epidermis de la raíz, puede ser intracelular o intercelular. Las hifas nunca penetran la endodermis, tejidos vasculares, meristema, tejido viejo de la raíz o en sistemas especializados de organismos vivos (Ocampo, 1980). Es importante mencionar que si en algún momento se observan al microscopio hifas muy oscuras, es debido que a través del tiempo existe una degradación y descomposición de las mismas (Figura 2).

**2.4.2.3 Arbúsculos.** Es la estructura más importante de la simbiosis, porque es ahí donde ocurre el intercambio de nutrientes del hongo al huésped y viceversa (Figura 3 y 4). Al principio, el crecimiento de los arbúsculos es parecido al de las hifas intercelulares, pero la fina ramificación característica de los arbúsculos puede llenar la célula por completo. Los arbúsculos siempre están en contacto con hifas intracelulares. La vida de los arbúsculos es corta; la degradación empieza a partir de los extremos de las ramas hacia su base. En el interior de la misma célula pueden existir partes vivas y partes muertas; el tronco es la ultima parte en colapsar

**2.4.2.4 Vesículas.** Según Chavarría (1999), las vesículas cumplen en el hongo la función de almacenamiento de nutrientes o simultáneamente a la formación de arbúsculos. Se presentan como estructuras globosas u ovaladas que se denominan vesículas. (Figura 5).



esporas. Zamorano, Honduras. (comunicación

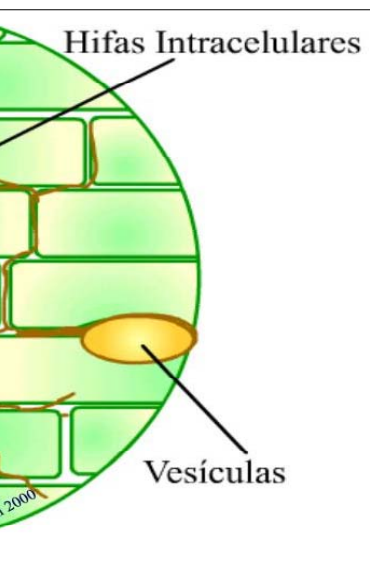


**Figura 4. Arbúsculo. Teñido con Clorazol Black.**  
Fuente: Brundrett 1996.  
<http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/vam.html#S3>

Fig  
Tri  
Lab  
Zar



**Figura 5. Vesículas en raíces. Teñido con Tripan Blue.**  
Fuente: Chiriboga 2000, Laboratorio de Biotecnología,



ajido de la raíz.  
Zamorano.

### 2.4.3 Tipos de micorizas.

Tradicionalmente la clasificación de las micorizas se basa en criterios morfológicos que han dividido a estas en grupos; las ectomicorizas, las endomicorizas, las



ectendomicorrizas. Sin embargo, muchos investigadores han llegado a establecer que para hablar de las micorrizas en una forma más universal e igualitaria, lo ideal es dividir las micorrizas en los seis grupos más dominantes; las endomicorrizas, las ectomicorrizas, las micorrizas de orquídeas, las cricoides, las monotropoides y las arbutoides (Chiriboga, 2001)<sup>4</sup>.

**2.4.3.1 Endomicorrizas (Micorriza arbuscular).** Es el tipo de micorriza con mayor potencial en el campo agrícola ya que trabaja o forma la simbiosis con un 95 % de las plantas y una característica importante es que a diferencia de las ectomicorrizas no forma trufas. Las esporas al germinar forman hifas, en este tipo de micorriza el crecimiento de las mismas es intracelular e intercelular, formando vesículas arbusculares que crecen dentro de la célula. Actualmente se le llama micorriza arbuscular (AM) y no micorriza vesículo arbuscular (VAM) por la simple razón que se ha descubierto que hay algunas dentro de este tipo que no producen vesícula.

La micorriza arbuscular se forma a partir de hongos bastante localizados taxonómicamente, puesto que todos pertenecen al orden *Glomales* de la clase *Zygomycetes*. Los *Glomales* u hongos formadores de micorriza arbuscular conforman un grupo monofilético caracterizado por la capacidad de desarrollar una simbiosis mutualística y por la formación de arbusculos intra radicales en las plantas hospederas. (Morton, 1990). Según Guerrero (1996), estos hongos están distribuidos en tres familias: *Glomaceae*, *Acaulosporaceae* y *Gigasporaceae*, seis géneros: *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*.

**2.4.3.2 Ectomicorrizas.** En este tipo las hifas penetran la raíz solamente intercelularmente y forman una red llamada red de Hartig, además tienen la capacidad de producir trufas externamente en el suelo, también es característico en ellas que transformen morfológicamente la raíz (Chiriboga, 2001)<sup>5</sup> Según Redhead (1980), este tipo de micorrizas se puede evidenciar a simple vista y se produce principalmente en coníferas de clima templado y en algunas especies arbóreas tropicales de las familias *Dipterocarpaceas* y *Caesalpinaceae*.

**2.4.3.3 Micorrizas de orquídeas.** Las semillas de las orquídeas, de tamaño característico muy pequeño, dependen para su germinación de la asociación con hongos del complejo *Rhizoctonia*. Esta simbiosis es determinante para el desarrollo del protocormo y el desarrollo temprano de la plántula. Se ha demostrado que el hongo suministra carbono a los protocormos, situación contraria a lo usual en otros tipos de micorrizas. La distribución de las orquídeas estaría influenciada por la disponibilidad de los hongos apropiados para inducir lo que podría llamarse una germinación simbiótica de la semilla (Read, 1984).

---

<sup>4</sup> Chiriboga, 2001. Tipos de micorrizas más conocidos. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).

<sup>5</sup> Chiriboga, 2001. Charla sobre micorrizas. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).

**2.4.3.4 Micorrizas ericoides.** Una de las características de este tipo de micorriza es que en la infección existe la presencia de hifas septadas y el desarrollo de un ensortijamiento intracelular en las células epidérmicas de la raíz. Las micorrizas ericoide se presentan en las familias de plantas *Ericaceae*, *Empetraceae* y *Epacridaceae*, las cuales crecen en ambientes extremos con suelos anegados, orgánicos y ácidos (Guerrero, 1996).

**2.4.3.5 Micorriza monotrofoide** Son junto con las micorrizas de tipo arbutoide, las de menor distribución en el mundo vegetal. Estos dos tipos presentan manto y red de Hartig y una infección intracelular por lo que se encuentran en una situación intermedia entre micorrizas ericoides y ectomicorrizas. En general, estas modalidades representan simbiosis en las cuales el endofito es de hifas septadas, por lo cual pueden considerarse como variantes de la ectomicorriza. En sentido amplio y atendiendo a sus características morfológicas, podrían agruparse en la categoría de ectendomicorrizas (Guerrero, 1996).

## **2.5 BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS PARA LAS PLANTAS.**

Como se ha mencionado en algún momento, las micorrizas arbusculares (M.A) estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las planta, sobre en todo en suelos de pobre o media fertilidad en donde mejoran significativamente la absorción de nutrientes y agua. A continuación se mencionaran algunos beneficios de los hongos en el Reino Vegetal:

### **2.5.1 Aumentan la resistencia al ataque de patógenos (hongos y nematodos) de las raíces.**

Según Chavarría (1999), distintos estudios han demostrado que las micorrizas ejercen cierta resistencia de las raíces a algunos microorganismos, esto se realiza mediante distintos mecanismos, entre ellos el mecanismo de tipo nutritivo ya que al aumentar la captación de nutrientes la planta se encuentra en un estado fisiológico adecuado donde se defiende mejor del patógeno. Otro mecanismo es que puede actuar protegiendo directamente el sistema radicular, cerrando todos los puertos de entrada a la raíz, esta protección se da cuando el hongo se encuentra bien desarrollado en la planta.

Los mecanismos implicados son la competencia por sitios de infección, la disminución del nivel de azúcar en la raíz, el incremento de determinadas actividades enzimáticas oxidativas, así como la producción de lignina, fenoles, fitoalexinas, etileno, entre otros, o bien puede deberse a una simple compensación de los daños causados por el patógeno en el sistema radical, debido al aporte de una mayor superficie de absorción (Bagyaraj, 1984).

### **2.5.2 Mejoran la absorción de agua y aumentan la resistencia de la planta a la sequía.**

Esto ocurre porque hay una disminución en la resistencia al transporte del agua o sea un aumento en la conductividad hidráulica. Estos efectos también ocurren cuando se aplica fósforo, lo que da a entender que el efecto de resistencia a sequía puede ser por una mejor nutrición de la planta producida por la micorriza.

Un punto importante en suelos con bajo potencial de agua es el basado en la capacidad de las hifas externas del hongo para captar agua más lejos de la zona de deficiencia que normalmente rodea la raíz en condiciones de sequía. De esta forma las hifas sobrepasarían ese “vacío hídrico” y conectarían la planta con el suelo menos deficitario en agua (Allen, 1982).

### **2.5.3 Aumentan la resistencia a altas concentraciones de sales en el sustrato.**

Según Plant (1988), es frecuente en los trópicos encontrar suelos donde se han acumulado sales especialmente el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  provocando a las plantas que crecen en estos medios síntomas de toxicidad, deficiencias, desequilibrios nutricionales y dificultades en la captación de agua. Por ejemplo, el cloro disminuye la capacidad de la planta en la absorción y captación de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^-$ , y el  $\text{Na}^+$  un desbalance entre el  $\text{Ca}^{++}$  y el  $\text{Mg}^{++}$ .

Sin embargo el hecho de que las MVA mejoren también las relaciones hídricas y la capacidad fotosintética, son factores a considerarse el efecto de las MVA en condiciones de salinidad. Se ha destacado que la micorriza induce una relación  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  más alta que en plantas no micorrizadas, lo que resulta en una protección frente a dicho estrés (Ames, 1984).

### **2.5.4 Mejoran la estructura del suelo y contribuyen a disminuir los efectos dañinos de la erosión.**

La fina red de hifas del micelio externo provoca una agregación de las partículas del suelo. La ruptura de la red de hifas de hongos M.A y saprofitos expone al suelo a la erosión, pues las hifas atrapan los micro agregados del suelo ( $> 0.25$  mm de diámetro) en macroagregados, contribuyendo a la estabilidad física del mismo (Blanco y Salas, 1997) (Anexo 1)

### **2.5.5 Cambian las relaciones hormonales.**

La micorrización incrementa los niveles de fitohormonas en los tejidos de las plantas y su transporte de unas zonas a otras (Allen, 1982). Aunque tales incrementos pueden ser debidos a que las micorrizas mejoran el estado nutricional de la planta y por tanto sus capacidades biosintéticas, es de señalar que se ha puesto de manifiesto que el propio hongo exuda al medio sustancias con actividad auxínica, giberelínica y citoquinínica (Barea, 1986).

El hecho de que estas sustancias sean utilizadas por el hospedero no está demostrado, pero si se sabe que la aplicación exógena de tales compuestos o de microorganismos que las producen, estimulan el desarrollo y efectos de las micorrizas, por lo que es de suponer un efecto en este sentido (Azcón, 1980)

### **2.5.6 Alteran la relación parte aérea / raíz.**

Las plantas con micorrizas no sólo poseen mayor biomasa que los testigos correspondientes, sino que, además es característico que las micorrizas alteren la distribución de la misma. Normalmente inducen un incremento en la relación parte aérea/raíz y aunque este efecto puede estar mediado por cambios hormonales, es probable que intervenga de forma decisiva el hecho conocido de que los nutrientes minerales, ya sean aplicados como fertilizantes, o aportados por las micorrizas, ejercen un control de retroalimentación sobre la baja de fotosintato a la raíz (Smith, 1980).

## **2.6 FACTORES MÁS IMPORTANTES QUE AFECTAN A LAS MICORRIZAS.**

Por ser organismos vivos es normal que existan factores que afecten su crecimiento, reproducción y eficiencia, entre estos hay factores biológicos, físicos y químicos.

### **2.6.1 Factores biológicos.**

#### **1-Planta.**

Existen en el mundo vegetal diferentes plantas, esta diferencia hace que existan dependencias en un nivel variado a la micorriza. Las dependencias a las micorrizas han determinado una clasificación; plantas que pertenecen a especies no micotróficas y las que pertenecen a especies micotróficas. Según Chavarría (1999) las especies no micotróficas no necesitan de micorrizas y no forman asociación a ningún nivel de fósforo.

Las especies micotróficas son aquellas cuyo crecimiento es estimulado por las micorrizas; pueden ser facultativas o obligadamente dependientes de las micorrizas para la absorción mineral y el crecimiento. Las especies facultativas micotróficas se benefician de la infección micorrízica mediante el incremento en su crecimiento a niveles bajos de fósforo; sin embargo, rechazan la infección micorrízica cuando el fósforo está fácilmente disponible. Las plantas micotróficas obligadas no pueden crecer sin micorrizas aun en condiciones de niveles altos de fósforo encontrado en sus lugares naturales (Chavarría 1999). Se puede decir que el factor planta es importante en la dependencia y en la utilización de las micorrizas.

#### **2- Hongo.**

La eficiencia de colonización dependerá de la especie del hongo, de su abundancia en el suelo y de las condiciones tanto edafológicas como ambientales. Los hongos micorrícicos

deben ser capaces de competir con microorganismos antagónicos y funcionar sinérgicamente con microorganismos simbióticos, así como tolerar cambios de las condiciones físicas y químicas del suelo (Salas, 1990).

### **3- Suelo.**

Se tiene que tomar en cuenta las condiciones físicas y químicas, condiciones climáticas y prácticas agronómicas.

#### **2.6.2 Factores físicos.**

**1- Temperatura.** Según Chavarría (1999), la temperatura ha mostrado tener una influencia en la colonización de las micorrizas, a temperaturas cercanas a los 30°C existe su máximo de desarrollo arbuscular. La germinación de las esporas de *Glomus* y *Acaulosporas* es óptima alrededor de los 20 - 25°C.

**2- Luz.** La luz puede afectar el desarrollo de las micorrizas. Dar sombra no solamente reduce la colonización de la raíz y la producción de esporas, sino también hace que la planta responda peor a las micorrizas vesículo arbusculares (MVA). Sin embargo, el efecto de la luz en MVA parece depender de la fotosensibilidad de la planta (Sieverding, 1991).

**3- El agua.** Las micorrizas admiten un amplio rango de contenidos de agua en el suelo. La colonización por ellas ha sido encontrada en regiones áridas, en suelos muy húmedos de pantanos y también flotando libremente o sumergidas en plantas acuáticas (Sieverding, 1991).

#### **2.6.3 Factores Químicos.**

**1- pH.** Según Siqueira et al (1989), el crecimiento de la micorriza se puede ver afectado directamente por el pH del suelo, aunque el rango para una buena germinación de esporas está alrededor de un pH de 5 a 8.

**2- Fósforo.** En suelos tropicales la concentración de fósforo en la solución del suelo es muy baja y alrededor de la zona de crecimiento radical los iones de fósforo se agotan rápidamente en una distancia de unos pocos milímetros. El micelio externo de los hongos micorrizógenos crece más allá de esta zona e incrementa el volumen del suelo a partir del cual la planta absorbe fósforo (Sieverding, 1991).

Se ha podido observar en ocasiones que la fertilización con fósforo reduce los porcentajes de infección, deprime el desarrollo de arbuscúlos, vesículas, hifas externas e internas y disminuye el número de puntos de penetración y de esporas (Smith y Gianinazzi, 1989).

**3- Nitrógeno.** Las plantas colonizadas por micorrizas generalmente tienen una más baja concentración de nitrógeno en los tejidos que en plantas no colonizadas. Esto es

probablemente porque este se diluye al producir un incremento en el crecimiento de las plantas colonizadas. Las plantas micorrizadas algunas veces tienen un alto contenido de nitrógeno, pero no está claro si es debido al incremento en la absorción de nitrógeno o es solamente una parte del efecto de compensación a otra deficiencia, como la de fósforo (Bowen, 1973).

**4- Micro nutrientes.** La distribución de las micorrizas se ve muy afectada por la fertilidad del suelo. El balance de nutrientes parece ser que es, lo que más influye sobre las micorrizas. Los niveles altos de Al, Mn, Cu, Fe y P parecen tener un efecto negativo sobre las micorrizas y en la simbiosis. Micronutrientes como el magnesio y el zinc inhiben la germinación de las esporas (Hepper y Warner, 1983).

**5- Plaguicidas.** Según Chavarría (1999), los herbicidas pueden afectar directa o indirectamente la composición de especies de las micorrizas, pues modifican las poblaciones de malezas que son hospederos potenciales.

Los fungicidas sistémicos como el Tiabendazol, Benomyl y Triadimefon son los más tóxicos para los hongos. La fumigación del suelo con biocidas, como el Bromuro de metilo, “Cloropicrina”, Formaldehído, “Vapan” y “Vorlex”, efectivamente destruyen endotipos de micorriza vesículo arbuscular en las zonas tratadas. Afortunadamente estos hongos vuelven a colonizar suelos que han sido fumigados por años (Sieverding, 1991).

En relación a los fungicidas, la dosis y modo de aplicación son determinantes en su efecto sobre las micorriza arbuscular (MA), lo mismo que sobre las especies de MA presentes en el suelo (Blanco y Salas, 1997). Aunque los informes a veces son contradictorios. A continuación se presenta un resumen de la síntesis presentada por Johnson y Pflieger (1992): Las dicarboximidas (Captan, Captafol) tienen efectos desde detrimentales, a dosis altas o recomendadas hasta benéficos a dosis bajas; los ditiocarbamatos (Mancozeb, Maneb, Thiram, Zineb) e hidrocarburos aromáticos (Botran, Chloroneb, Chlortalonil, Lanstan y Quintozene) normalmente reducen el efecto de la micorriza; entre los sistémicos, Carboxin reduce su actividad, mientras que Fosetyl-Al y metalaxil (Ridomil) aumentan la formación de micorriza arbuscular.

**6- Materia Orgánica.** Un aspecto de atención dentro del estudio de la materia orgánica es el impacto de residuos de raíces micorrizadas en la ecología de hongos MA en el suelo. Numerosas plantas son micorrizadas anualmente y los sistemas de raíces micorrizadas son continuamente incorporados en el suelo y degradados por los organismos del suelo. Los residuos de raíces micorrizadas pueden ser un importante reservorio de inóculo (Sieverding, 1991).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

El estudio se realizó en el valle del río Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, localizado a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, a 800 msnm, con precipitación media anual de 1051 mm, distribuidos la mayor parte junio y noviembre, con una temperatura media anual de 22°C. El valle, según el sistema de zona de vida de Holdridge, es clasificado como un bosque seco tropical.

El ensayo se ubicó en el sombreadero de Zona I, allí se estableció el semillero el cual fue de dos tipos, con el fin de comparar cual es el mejor de los sistemas de semillero para la producción de plántulas micorrizadas. Posteriormente el transplante se hizo ahí mismo a bolsas plásticas.

Para el estudio de las variables se hizo dos tomas de datos, una 85 días después de la siembra y otra ocho meses después de la siembra, el análisis estadístico se hizo en forma independiente para cada toma, por ende los resultados y conclusiones harán mención a la edad de la planta en que se tomó el dato.

#### **3.2 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEMILLERO**

La selección de los sistemas de semillero, se hizo en base a lo que usan los productores en la zona. Para ello, se tomó en cuenta la tecnología que los pequeños productores tienen para hacer semilleros, sistema que se llamará “Tradicional,” en camas, en que se supone que la planta está expuesta a los factores de ambiente como enfermedades y por ende el resultado de usar micorrizas puede no ser tan significativo como se espera que sea. Por otro lado, se probó otra forma para la producción de plántulas que se llamará “Bandeja multi celdas” donde por estar la semilla en una celda independiente se supone que la colonización de la micorriza será mayor y dará un mejor crecimiento de la planta en el vivero aunque a un costo algo más elevado. La idea era ver en estos dos sistemas el comportamiento colonizador de la micorriza y la influencia de usar medio de crecimiento pasteurizado y sin pasteurizar para ambos casos.

##### **3.2.1 Materiales**

Para el semillero en bandeja:

- 12 bandejas multiceldas con capacidad de 1.75 centímetros cúbicos por celda (largo 5 cm, ancho 5 cm, altura 7 cm y un total de 72 celdas por bandeja).
- Medio, cuya proporción fue, dos partes de tierra, una parte de arena,  $\frac{1}{4}$  parte de casulla cruda de arroz.
- Semillas de café 'Lempira'.
- Mycoral®, que es un sustrato de suelo de textura franca, con especies de micorrizas del género *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, en forma de esporas, hifas y raicillas.

Para el semillero tradicional:

- Cajones de plástico, para simular lo que se hace tradicionalmente en el campo.
- El mismo medio anterior.
- Semillas de café 'Lempira'

Cabe destacar que en ambos sistemas se usó medio pasteurizado y sin pasteurizar, con y sin micorriza.

### 3.2.2 Métodos usados

Para el sistema de siembra tradicional, con el objetivo de simular lo que en el campo se hace tradicionalmente, se usó unas cajas de plástico donde se colocó un medio pasteurizado y sin pasteurizar (dos cajas para cada medio de crecimiento), luego se trazaron surcos poco profundos donde se sembró la semilla a chorro corrido.

En el caso que se tenía que inocular con Mycoral®, al momento de abrir el surco en el fondo del mismo se puso un poco del producto a razón de cinco gramos por semilla, se colocó la semilla a chorro corrido en el surco encima del Mycoral®, luego se le agregó otro poco de micorriza, tapándolas parcialmente, para luego taparlas con el medio correspondiente (Anexo 2).

En el caso de bandejas multi celdas fue un poco mas laboriosa la siembra, primero se tuvo que llenar las bandejas con el medio correspondiente de acuerdo al tratamiento, luego a cada celda se le hizo un pequeño hoyo depositando una semilla por postura o celda y se procedió a taparla con el mismo medio.

En la inoculación con la micorriza, después del llenado de las bandejas, el hoyo se hizo algo más grande, removiendo parte del medio contenido en la celda, se colocó en el fondo el Mycoral®, se puso una semilla por postura, se tapó con el producto parcialmente y luego por completo con el medio (Anexo 3).

Es importante indicar que el medio se pasteurizó a 86° centígrados. Tanto las bandejas como las cajas de plástico se colocaron en una estructura que les permitía el aislamiento con el suelo evitando así la contaminación, además para simular más lo que se hace en la realidad se les puso bajo media sombra para mejorar la germinación.(Anexo 4).

### 3.3 TRATAMIENTOS

El experimento constó de ocho tratamiento, cuatro usando el semillero o almácigo



tradicional (con medio pasteurizado o sin pasteurizar, con y sin micorriza) y cuatro tratamientos con semillero en bandeja (medio pasteurizado o sin pasteurizar, con y sin micorriza), cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones de diez plantas cada una. Para eliminar el efecto de borde, cada repetición se puso en grupos separados 30 cm una de otro. La distribución en el vivero se muestra en el Cuadro 1.

Es importante recalcar que el transplante se hizo en bolsas de plástico de 6" × 9", los riegos se hicieron periódicamente en cantidades iguales. Se fertilizó cada 22 días con abono foliar (20-20-20) y se hizo una sola aplicación de "Osmocote" a razón de 3 gramos por planta. El sustrato de las bolsas fue pasteurizado.

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Sé uso un Diseño Completamente al Azar y para procesar los datos el programa "Statistical Analysis System" (S.A.S®), realizando un análisis de varianza y prueba múltiple de medias (Duncan) para las variables a medir.

**Cuadro 1.** Distribución de los 8 tratamientos en el vivero.

M+TN	M+BN	M+BN	M-TP	M-BP	M-BP
M+BP	M-TN	M-TN	M+BP	M+TP	M-BN
M+BP	M+TN	M+BN	M+BN	M+TP	
M+TN	M-BP	M-TN	M-BP	M-BN	
M-BN	M+TN	M-TP	M-TP	M-TP	
M+TP	M-BN	M+BP	M-BP	M-TN	

M+: con Mycoral®.

M-: sin Mycoral®.

TP: semillero tradicional, medio pasteurizado.

TN: semillero tradicional, medio sin pasteurizar.

BP: semillero en bandeja multi-celdas, medio pasteurizado.

BN semillero en bandeja multi-celdas, medio sin pasteurizar.

### 3.5 VARIABLES MEDIDAS

Para un mejor entendimiento del estudio, a continuación se mencionará cuales fueron los

pasos para la medición de las variables y los materiales utilizados.

### **3.5.1 Altura de la planta**

En cuanto a la longitud de la planta se refiere, esta medición se hizo, a los 85 días y a los 8 meses después de la siembra. La medición de longitud se dividió en dos, la parte aérea y la parte de la raíz pivotante para lo cual se necesitó únicamente una regla y una mesa, se debe tomar en cuenta que se utilizó la misma regla para evitar errores de apreciación.

Para poder hacer una medición lo más estándar posible, se tuvo que determinar donde empezaba la parte aérea y la radicular, en este trabajo se determinó que la raíz pivotante empezaba en donde aparecía la primera raicilla en la parte superior y ese punto también daba inicio a la parte aérea.

Para una medición más exacta se extrajo la planta con mucho cuidado de manera que tuviese adherida la mayor parte de medio de crecimiento, se puso bajo un chorro del agua de manera que el medio se lavara lentamente, al final se tuvo una planta con el sistema radicular al descubierto, se colocó la planta encima de la regla, se ubicó el punto que determinaba el parámetro antes mencionado y se extendió la raíz pivotante tomando la lectura de su longitud.

### **3.5.2 Número de hojas**

La medición del número de hojas se hizo a los ocho meses ya que a los 85 días las plántulas tenían sus hojas cotiledonales y no tenía sentido hacer esa medición. Se hizo un conteo tomando en cuenta tanto las hojas viejas como las más recientes, no se contaron las hojas cotiledonales que algunas plantas todavía la tenían en su base del tallo.

### **3.5.3 Número de raíces secundarias en la etapa de chapola**

Esta variable fue medida a los 85 días ya que a los ocho meses no era lógico hacer la medición porque podrían haber otros indicativos de medición, como el peso fresco de la raíz, que dirían lo mismo. Una vez que la planta tuvo las raíces limpias y después de hacer la medición de la raíz pivotante se procedió a un conteo minucioso de las raicillas de cada planta en muestreo (Anexo 5).

### **3.5.4 Grosor del tallo en el cuello**

El diámetro de tallo fue medido a los 8 meses de edad de las plantas con un calibrador, al igual se necesitó determinar cual era el punto que se denomina cuello de la planta. En este caso los cuellos se definió como el punto encima de la primera raíz secundaria en la parte superior.

### **3.5.5 Peso fresco de la raíz**

El peso fresco se tomó a los 8 meses para lo cual se usó una balanza de precisión. Una vez que la planta estaba totalmente limpia se procedió a separar mediante un corte en un punto específico la parte radicular de la parte aérea, entendiendo como parte aérea el tallo y las hojas y la parte radicular todo el conglomerado de raíces, las cuales se pesaron teniendo cuidado que no llevaran agua del lavado.

### **3.5.6 Peso fresco de la parte aérea.**

Se utilizó el mismo material y procedimiento que en el punto anterior, siempre teniendo cuidado que las hojas no estuviesen con pequeñas gotas de agua. La medición de esta variable se hizo a los ocho meses.

### **3.5.7 Peso seco de la raíz, parte aérea y total**

Para establecer el peso seco se usó bolsas de papel, un horno de secado cuya temperatura recomendada fue de 65°C a 70°C, una balanza electrónica. Las partes que se utilizaron en la lectura del peso fresco fueron depositadas en bolsas de papel, cuyo tamaño varió de acuerdo a la planta, se pusieron en una bolsa tanto las raíces como la parte aérea en el horno de secado por tres días, luego se procedió a la lectura por separado de los pesos. Esta variable fue medida a los 85 días y a los ocho meses (Anexo 6).

### **3.5.8 Volumen de raíces**

Para determinar el volumen de raíz fue necesario usar una bureta, la unidad utilizada fue el mililitro y se determinó para plantas de ocho meses de edad. Cuando la planta pasó por el proceso de lavado del medio de crecimiento y que la raíz quedó limpia, se sumergió esta raíz en la bureta hasta el cuello, tomándose la lectura al subir el nivel del agua contenida en la bureta, al sumergir la siguiente planta antes se reguló la cantidad de agua en la bureta en un número base para facilitar la toma de datos y evitar errores.

### **3.5.9 Porcentaje de infección con micorriza**

Para la medición del porcentaje de infección se necesitó:

- 1-“Cassettes” de plástico (de polímero denso de Fisher Scientific), para colocar las raíces y hacer la tinción
- 2-“Beaker” grande.
- 3-KOH.
- 4-Auto clave.
- 5-Trypan (0.05%), que es un tinte azul para colorear el hongo.
- 6-Solución de glicerol al 50%.

- 7-HCL.
- 8-Plato Petri cuadrado.
- 9-Estereoscopio.
- 10-Anteojos, guantes, delantal.

Para determinar el porcentaje de infección del hongo, primero se tuvo que hacer una clasificación y tinción de las raíces a muestrear, para lo cual se utilizó el método del laboratorio de biotecnología de El Zamorano. Primero se tuvo en cuenta el uso del equipo apropiado para mayor seguridad y protección personal (anteojos, guantes y delantal), es importante mencionar que todas las etapas que involucrasen calentamiento de químicos debían ser llevadas a cabo en una cámara especial para el manejo de reactivos químicos. Se dan a continuación los pasos seguidos.

- 1-Preparar los “cassettes” con muestras de raíces y mantenerlos en agua hasta que estén listos para clarificar las raíces.
- 2-Verter en un “beaker” de un litro, una cantidad suficiente de KOH al 10 % calculando, que cubra por completo todos los “cassettes”, la cantidad dependerá del número de muestras.
- 3-Calentar el KOH hasta que alcance 80°C, sin los “cassettes”.
- 4-Colocar los “cassettes” en el KOH por el tiempo deseado: 15 minutos para cebolla y otras raíces tiernas, 30 minutos para la mayoría de las raíces ( maíz, gramíneas).
- 5-Lavar con agua cinco veces.

Si las muestras de raíces tienen pigmentos oscuros (café, negro, morado), después de clarificar con KOH poner los “cassettes” en un “beaker” con 30% agua oxigenada a baja temperatura (10 minutos a  $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ) hasta que las muestras pierdan el color y se vuelvan más claras. Revisarlas constantemente para evitar daños en la estructura de las raíces. Enjuagar 5 veces con agua y proceder con el siguiente paso.

- 6-Cubrir los “cassettes” con agua y aumentar 5 ml de HCL por cada 200 ml de agua. Mezclar y desaguar. Repita una vez (No enjuagar los “cassettes” con agua).
- 7-Verter suficiente tinte azul de Trypan (0.05%) en un “beaker” de 1 ó 2 litros hasta cubrir los “cassettes” por completo con el tinte (cantidad dependerá del tamaño de la muestra).
- 8-Calentar el tinte azul hasta alcanzar 80°C. No incluir los “cassettes”.
- 9-Colocar los “cassettes” en el tinte azul de Trypan. Mantener la temperatura a 80°C. Después de 30 minutos, dejar enfriar hasta que la temperatura baje a 50°C. Verter el tinte en un frasco, filtrándolo para separar los pedazos de raíces, para ser reusado dos veces como máximo. Enjuagar los “cassettes” con agua en el “beaker” una vez.
- 10-Colocar las muestras teñidas en una bolsa plástica con etiqueta, en el refrigerador.

De las muestras de las raíces, sacar una sub muestra y depositar las raíces en un “beaker”, es aconsejable que las raíces vayan sueltas, una vez en el frasco se le agrega un poco de glicerol se agita un poco el frasco y se deposita la mayor cantidad posible de muestra en un plato petri cuadrado, se hace un recuento de las raíces que cruzan las líneas tanto horizontal con vertical, contando las infectadas y las no infectadas sacando luego un promedio (Anexo 7).

Preparación del tinte azul de Trypan (0.05%).

En un frasco se añade y mezcla constantemente los ingredientes en el siguiente orden:

- 800 ml de glicerina
- 800 ml de ácido láctico
- 800 ml de agua destilada
- 1.2 gramos del tinte azul de Trypan.

**3.5.10 Número de esporas por 100 g de muestra.**

Para aislar las esporas y determinar su número en una muestra determinada se necesitó lo siguiente:

- 1-Tamices.
- 2-Botecitos.
- 3-Embudo.
- 4-Centrífuga.
- 5-Solución de sucrosa al 40%.
- 6-Agua destilada.
- 7-Estereoscopio.

Para el aislamiento de esporas se utilizó un procedimiento usado en el laboratorio de biotecnología del Zamorano, donde se siguen los siguientes pasos:

- 1-Pesar una porción (submuestra) del suelo o medio de crecimiento colectado (p.e. 100 gramos) lo más pronto posible para evitar la desecación de las esporas.
- 2-Vaciar la submuestra en un envase de 2 litros y usando una manguera pequeña, asperjar directamente el contenido del envase con un fuerte chorro de agua. Llenarlo hasta un litro y dejar sedimentar las partículas de suelo por 15-30 segundos (suelos arenosos requieren menos tiempo para sedimentarse).
- 3-Vaciar la mezcla sin perturbar el sedimento y pasarla por filtros de tamaños corrientes. Repetir todo el proceso una ó dos veces. El tamaño de la malla del filtro debe reflejar el tamaño de las esporas deseadas. Por ejemplo, esporas de *Glomus etunicatum* pueden ser recolectadas en una malla de 63 micrones, las cuales estarán relativamente libres de material inerte si se usa un filtro con malla mayor a 200 micrones. En este estudio se colocó las mallas formando una torre y en el orden que sigue de arriba hacia abajo, malla número 40,60,325, en donde en la malla de cuarenta quedaban las partículas mas grandes del medio y dejaba pasar las esporas, la de 60 retenía las partículas no deseadas y dejaba pasar las esporas, la número 325 retenía las esporas y un poco de material muy fino, lo que quedaba en esta malla era trasferido al siguiente paso.
- 4-Transferir el material filtrado a un tubo de centrifugación de 50 ml de capacidad. Usar un embudo pequeño para evitar pérdidas del material filtrado. Enjuagar cuidadosamente para recolectar la mayoría de las esporas en los tubos de centrifugación. Usar un embudo con chorro más fino para mejores resultados. Si es necesario añadir agua hasta alcanzar aproximadamente 1 cm del borde del tubo.
- 5-Centrifugar a 3000 rpm (1230 × g) por tres minutos. Dejar que la centrífuga se pare por

sí sola. Vaciar el sobrenatante de la solución sin perturbar el sedimento (Las esporas están mezcladas con el suelo).

6-Suspender las partículas de suelo en una solución de 40% (p/v) sucrosa. La sucrosa refrigerada es vertida con una botella en un litro de capacidad. Mezclar bien y centrifugar inmediatamente a 3000 rpm por un minuto, la sucrosa se encarga de suspender las esporas. Presionar el freno de la centrífuga. Vaciar el sobrenatante en un filtro de malla de menor diámetro a las esporas (número 325) evitando salpicar agua. Enjuagar las esporas cuidadosamente rociándoles agua sobre el filtro por un minuto para remover la sucrosa.

7-Después se depositan las esporas en un tubo de centrífuga, se sujeta la malla en una posición inclinada y se rocía con agua de manera que se remuevan las esporas que están retenidas en la malla y caigan en el tubo por medio de un embudo fino.

8-Colocar las esporas en un plato petri de plástico de 5 ml de capacidad, para ser observadas y añadir suficiente agua para evitar la desecación de las esporas. No llenar demasiado el plato. Sellarlo con cinta plástica y ponerlo en el refrigerador a 4°C.

Algunas observaciones que se debieron de tomar en cuenta son las siguientes:

-Lavar las mallas en agua con bastante presión para evitar contaminación entre muestras. Se recomienda usar jabón.

-Las esporas pueden ser contadas fácilmente en un plato petri marcado con líneas paralelas (aproximadamente 0.5cm aparte una de la otra).

-Normalmente, se usa la malla de 425 micrones para recolectar esporas de tamaños desconocidos provenientes de muestras del campo.

## **4..RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Este capítulo ha sido dividido en dos partes, la primera para referirse a los resultados de los datos tomados 85 días después de la siembra, donde la planta todavía estaba sólo con las hojas cotiledonales expandidas (chapola o mariposa) encontrándose en semillero, para lo cual se analizaron: número de raíces secundarias, longitud de la raíz pivotante, altura de la planta y peso seco de la planta.

La segunda parte se refiere a los datos tomados ocho meses después de la siembra, en plantas ya establecidas en bolsas y en el vivero, listas para ser transplantadas a campo en forma definitiva, en las cuales se evaluaron: número de hojas, volumen de raíz, peso fresco de la raíz, peso fresco de la parte aérea, altura de planta, peso seco de la raíz y peso seco de la parte aérea.

Es importante mencionar que la discusión evaluará ocho tratamientos: cuatro de siembra tradicional en almácigo, con y sin medio pasteurizado; con y sin Mycoral<sup>®</sup> y cuatro de siembra en bandeja multi celdas, con y sin medio pasteurizado; con y sin Mycoral<sup>®</sup>, donde para las mediciones la muestra tomada fue de 12 plantas obtenidas al azar de cada tratamiento. Para darle explicación a los resultados se hizo la prueba múltiple de medias (Duncan).

### **4.1 RESULTADOS PARA DATOS TOMADOS A LOS 85 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA .**

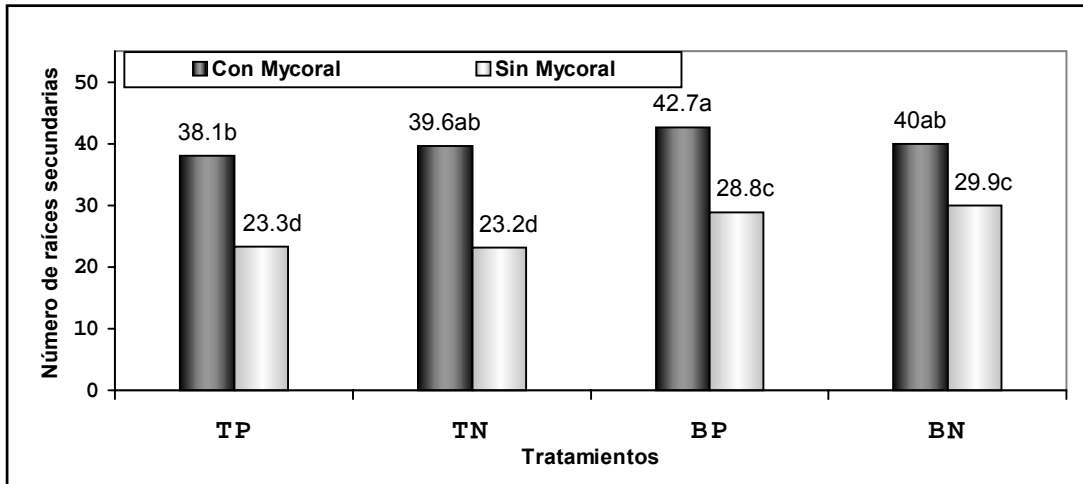
#### **4.1.1 Número de raíces secundarias.**

La siembra en bandeja con medio pasteurizado y normal con Mycoral<sup>®</sup>, así como en la siembra tradicional en medio normal y pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> (39.6<sup>ba</sup>), dieron la mayor cantidad de raíces secundarias (Figura 7).

El valor más bajo se obtuvo con la siembra tradicional en medio pasteurizado sin micorriza y la siembra tradicional en medio normal sin micorriza, con una reducción en comparación con las plantas micorrizadas de 63.3 % y 70.6 % respectivamente (Cuadro 2), esto refuerza lo dicho por Raddatz (2000)<sup>1</sup> que en el campo existen micorrizas parasíticas que compiten con las benéficas afectando a la planta, como es el caso del sistema de siembra tradicional en medio normal sin micorriza, cuyo valor es menor que el

---

<sup>1</sup> Raddatz, E. 2000. Importancia de las micorrizas en el suelo. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).



**Figura 7.** Número de raíces secundarias en plantas de café, 85 días después de la siembra en El Zamorano, Honduras, 2001. T= siembra tradicional, B= siembra en bandeja, P= pasteurizado, N= sin pasteurizar.

de siembra tradicional en medio pasteurizado sin micorriza, en que se supone que no hubo crecimiento de otros hongos por estar pasteurizado.

Como se mencionó anteriormente, los tratamientos inoculados dieron las mayores cantidades de raíces, esto puede ser atribuido a lo que expresa Allen (1982) que la micorriza incrementa los niveles de fitohormonas y su transporte por los tejidos, reforzado lo expuesto por Barea (1986) de que el hongo exuda al medio sustancias con actividad auxínica, giberélica y citoquinínica y que las auxinas son las responsables, entre otras, de estimular la emisión radicular, de ahí el mayor número de raíces a pesar de la corta edad de la planta.

#### 4.1.2 Longitud de la raíz pivotante.

El mejor sistema de siembra para esta variable fue el tradicional en almácigo, el cual dio los mejores resultados en sus cuatro tratamientos superando significativamente a los de bandeja. Los tratamientos con Mycoral® tanto usando medio pasteurizado o normal, fueron los mejores sin diferencias significativas entre ellos. Luego los de siembra en bandeja con medio pasteurizado o normal sin Mycoral® que no fueron diferentes entre ellos pero significativamente inferiores a los antes mencionados. No hubo diferencia estadística entre los tratamientos de la siembra en bandeja, sin importar si tuvieron o no Mycoral® y si el medio utilizado fue o no pasteurizado. (Cuadro 2).

Los resultados muestran que la bandeja tuvo una influencia negativa en el crecimiento de la raíz pivotante, esto quizás se deba a la altura de la celda que es de 7 cm o un poco menos, por lo que el tamaño de raíz pudo verse afectado por la poda que se producía tan pronto esta se asomaba por el orificio basal, lo que no se observó en la siembra tradicional en que la profundidad del sustrato no limitó el desarrollo longitudinal de la raíz.



**Cuadro 2.** Resultados de ocho tratamientos, en plantas de café 85 días después de la siembra en El Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamientos	# Raíces Secundarias	Raíz pivotante (cm)	Altura de planta (cm)	Peso seco total (g)
<b>Siembra tradicional en almácigo</b>				
Medio Pasteurizado M+	38.10 <sup>b</sup>	8.58 <sup>a</sup>	6.06 <sup>cd</sup>	0.19 <sup>b</sup>
Medio Pasteurizado M--	23.30 <sup>d</sup>	5.46 <sup>b</sup>	5.30 <sup>d</sup>	0.12 <sup>d</sup>
Medio Normal M+	39.60 <sup>ab</sup>	9.06 <sup>a</sup>	5.59 <sup>cd</sup>	0.14 <sup>c</sup>
Medio Normal M--	23.20 <sup>d</sup>	5.25 <sup>b</sup>	5.23 <sup>d</sup>	0.10 <sup>e</sup>
<b>Siembra en bandeja de celdas</b>				
Medio Pasteurizado M+	42.70 <sup>a</sup>	4.35 <sup>c</sup>	7.46 <sup>b</sup>	0.22 <sup>a</sup>
Medio Pasteurizado M--	28.20 <sup>c</sup>	4.79 <sup>bc</sup>	6.32 <sup>c</sup>	0.16 <sup>c</sup>
Medio Normal M+	40.00 <sup>ab</sup>	4.39 <sup>c</sup>	8.57 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>
Medio Normal M--	29.90 <sup>c</sup>	4.79 <sup>bc</sup>	6.09 <sup>cd</sup>	0.19 <sup>b</sup>
<b>C.V</b>	11.90	14.42	15.87	12.52

Valores con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente (P=0.0001). M+= Con Mycoral. M--= Sin Mycoral.

#### 4.1.3 Altura de la planta.

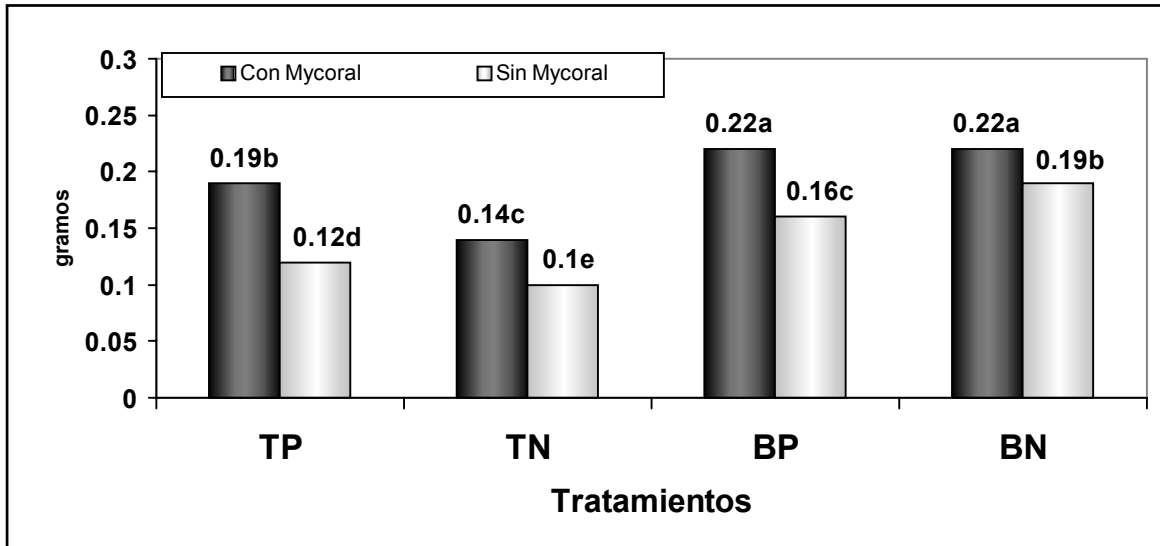
Se puede observar que el valor más alto fue el de siembra en bandeja con medio normal y con Mycoral<sup>®</sup> el cual fue superior significativamente a todos los demás tratamientos. Es de hacer notar que en los demás tratamientos la mayoría tuvieron valores bajos y muy parecidos ( Cuadro 2) lo que deja pensar que esta variable a la edad tomada no es muy indicativo ya que genéticamente la planta ya trae establecido el tamaño de su hipocotilo, y por sólo tener sus hojas cotidionales no hay mucha actividad fotosintética que pueda influir en el crecimiento.

#### 4.1.4 Peso seco total.

Como se puede ver en la Figura 8, los mejores resultados se obtuvieron con la siembra en bandeja con medio pasteurizado o normal con Mycoral<sup>®</sup>, seguidos de la siembra tradicional en medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup>, lo que concuerda con los mejores resultados en número de raicillas (Cuadro 2).

Si bien la planta era joven, ya era capaz de fotosintetizar y al estar en una celda aislada esto le proporcionaba nutrientes sólo para ella sin competencia con otras plantas, si a esto

le agrega el efecto de un mayor número de raíces absorbentes el resultado es una mayor producción de biomasa.



**Figura 8.** Peso seco total de plantas de café, 85 días después de la siembra en El Zamorano, Honduras, 2001. T= siembra tradicional, B= siembra en bandeja, P= pasteurizado, N= sin pasteurizar.

## 4.2 RESULTADOS OCHO MESES DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

### 4.2.1 Longitud de la raíz pivotante.

Si bien a los 85 días se encontró una superioridad bastante marcada a favor de la siembra tradicional, a los ocho meses el valor más alto fue para la siembra en bandeja con medio pasteurizado y Mycoral<sup>®</sup> aunque sin diferencia significativa con la siembra tradicional en medio normal o pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup>; o en bandeja con medio normal y Mycoral<sup>®</sup>, lo que indica que la siembra en bandeja no resultó conveniente para esta variable, pero la planta una vez en bolsa fue capaz de reestablecer el crecimiento de la raíz pivotante. Por otro lado, se nota que los cuatro tratamientos que incluyen Mycoral<sup>®</sup> superaron a los que no se les aplicó, siendo el menos efectivo la siembra tradicional con medio normal sin micorriza. Este tratamiento es similar a lo que los caficultores realizan en sus fincas, por lo que hay que tenerlo en consideración: sin embargo, se puede notar que los tratamientos con Mycoral<sup>®</sup> superaron significativamente a los sin Mycoral<sup>®</sup> en casi todos los casos y en todos numéricamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Resultados de ocho tratamientos, en plantas de café ocho meses después de la siembra en El Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamientos	Longitud (cm)		Grosor de Tallo (mm)	Número de Hojas	Volumen Raíz (ml)
	Raíz Pivotante	Altura de planta			
<b>Siembra tradicional en almácigo</b>					
Medio Pasteurizado M+	23.15 <sup>ab</sup>	16.88 <sup>a</sup>	5.22 <sup>a</sup>	12.17 <sup>a</sup>	7.83 <sup>a</sup>
Medio Pasteurizado M--	18.43 <sup>c</sup>	11.83 <sup>c</sup>	2.98 <sup>c</sup>	8.08 <sup>d</sup>	1.30 <sup>c</sup>
Medio Normal M+	23.21 <sup>ab</sup>	14.69 <sup>b</sup>	4.59 <sup>ab</sup>	11.58 <sup>ab</sup>	5.08 <sup>b</sup>
Medio Normal M--	14.78 <sup>d</sup>	11.53 <sup>c</sup>	2.93 <sup>c</sup>	8.17 <sup>d</sup>	1.83 <sup>c</sup>
<b>Siembra en bandeja de celda</b>					
Medio Pasteurizado M+	25.13 <sup>a</sup>	14.67 <sup>b</sup>	4.41 <sup>b</sup>	12.42 <sup>a</sup>	7.25 <sup>a</sup>
Medio Pasteurizado M--	21.37 <sup>bc</sup>	12.28 <sup>c</sup>	3.48 <sup>c</sup>	9.25 <sup>cd</sup>	4.58 <sup>b</sup>
Medio Normal M+	25.05 <sup>a</sup>	15.54 <sup>ab</sup>	4.45 <sup>b</sup>	11.25 <sup>abc</sup>	8.08 <sup>a</sup>
Medio Normal M--	19.64 <sup>c</sup>	11.57 <sup>c</sup>	3.38 <sup>c</sup>	10.00 <sup>bcd</sup>	4.13 <sup>b</sup>
<b>C.V</b>	12.11	11.55	13.84	16.20	31.53

Valores con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente (P=0.0001). M+ = Con Mycoral<sup>®</sup>. M-- = Sin Mycoral<sup>®</sup>.

#### 4.2.2 Altura de la planta.

En el Cuadro 3 se observa que la siembra tradicional en medio pasteurizado y con Mycoral<sup>®</sup> no difirió significativamente de la siembra en bandeja con medio normal y Mycoral<sup>®</sup>. En segundo lugar quedó la siembra tradicional en medio normal con Mycoral<sup>®</sup>. En general se pudo apreciar un mejor crecimiento de los tratamientos inoculados con micorriza. Esto deja en manifiesto lo indicado por Fernández *et. al* (1992), que el café es una planta que en condiciones naturales se encuentra siempre formando asociaciones micorrícicas con algunos hongos del suelo.

El crecimiento y diferencia en altura a favor de los tratamientos inoculados se puede deber a que la asociación con micorrizas promueve un mayor crecimiento y desarrollo al facilitar la asimilación de diferentes elementos (N, K, Zn, Cu, Bo y F) pues según Valencia (1998), diversos estudios han determinado que el Zn al igual que otros elementos menores son importantes en el crecimiento de la planta, estimulando el crecimiento de entrenudos, además es necesario para la síntesis de auxinas aumentando también la eficiencia de la acción del fósforo.

### 4.2.3 Grosor del tallo.

Se puede notar claramente en el Cuadro 3 que todos los tratamientos con Mycoral<sup>®</sup> superaron significativamente a los que no lo tuvieron, con una ventaja para los de siembra tradicional en relación a los de bandeja, siendo la siembra tradicional en medio pasteurizado y Mycoral<sup>®</sup> el mejor tratamiento. Esto obviamente obedece a un sistema radical más efectivo gracias a la micorriza, que se traduce en una planta más vigorosa.

### 4.2.4 Número de hojas.

Para esta variable los valores más altos fueron los tratamientos inoculados con Mycoral<sup>®</sup> (Cuadro 3) sin diferencia significativa entre ellos. Sin embargo; comparando con lo que normalmente hace un caficultor al producir sus propias plantas (Siembra en almácigo con medio normal sin Mycoral<sup>®</sup>) el incremento entre pasteurizar el medio y el uso de micorriza en el mismo sistema de siembra tradicional es de 49 % en el número de hojas promedio por planta.

Los datos presentados coinciden con los de un estudio realizado por Fernández *et. al* (1992), en que al usar micorrizas de la cepa *Glomus sp.* obtuvieron el valor más alto de 5 pares de hojas a los ocho meses de edad en las plantas tratadas, en comparación a las testigo que sólo llegaron a 3.6 pares de hojas. Esto es clave para confirmar lo que mencionan Blanco y Salas (1997), que los hongos micorriza arbuscular además de su efecto directo en la nutrición de las plantas inducen cambios fisiológicos que comprenden un aumento en la tasa fotosintética y redistribución del carbono fijado en mayor proporción hacia las raíces, pues al haber un aumento en la tasa fotosintética el área foliar a su vez se va incrementando y se crea un círculo positivo para la planta.

### 4.2.5 Volumen de raíz (ml).

En el Cuadro 3 se observa que el valor más alto se obtuvo con la siembra en bandeja con medio normal y con Mycoral<sup>®</sup>, seguido de la siembra tradicional en medio pasteurizado y en bandeja en medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> entre los cuales no hubo diferencia significativa. El valor más bajo lo dio el tratamiento que puede representar al testigo o sea la siembra tradicional, con medio normal y sin Mycoral<sup>®</sup>.

El volumen radical tiene mucha relación con el peso fresco y es obvia la influencia positiva de una mayor cantidad de raíces para la planta. Esto puede explicar la habilidad que tienen las micorrizas de disminuir el daño de los nemátodos cerrándoles de alguna manera los puertos de infección, que resultan en raíces más ramificadas y largas.

#### 4.2.6 Peso fresco de la raíz.

Se pudo observar a simple vista la diferencia de tamaño y frondosidad de las raíces comparando las plantas inoculadas con las no inoculadas. En el Cuadro 4 se observa que los tratamientos de siembra tradicional en medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> junto con la siembra en bandeja con medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> y en bandeja con medio normal con Mycoral<sup>®</sup> no se diferenciaron significativamente entre sí. La siembra tradicional en suelo normal con Mycoral<sup>®</sup> fue inferior a los anteriores a pesar de estar inoculado. Esto puede deberse a lo antes mencionado, competencia de otros organismos, el efecto en este caso fue más marcado porque este tratamiento no difirió estadísticamente de la siembra tradicional en medio pasteurizado sin Mycoral<sup>®</sup>.

Los valores más altos se obtuvieron con Mycoral<sup>®</sup> que promovió el crecimiento de la raíz, lo que a su vez produjo el efecto positivo que la infección de micorriza ejerció sobre la planta, esto se aprecia en el porcentaje de infección que coincide con los mayores pesos frescos de las raíces.

#### 4.2.7 Peso fresco de la parte aérea.

De acuerdo al Cuadro 4 el mejor resultado para esta variable lo dio la siembra tradicional en medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> que fue superior a los otros siete tratamientos, lo que corrobora la idea que al pasteurizar el medio, al hongo le es más fácil colonizar todos los espacios de la raíz lo que se traduce en mejores resultados para la planta. Según Raddatz (2000)<sup>2</sup>, una buena inoculación y asegurando la infección al momento de la germinación de la semilla, son la clave del éxito, ya que la planta cuando sea transplantada al campo ya estará en simbiosis, no permitiendo que otros organismos entren en competencia.

En segundo lugar quedaron la siembra tradicional en medio normal con Mycoral<sup>®</sup>, la siembra en bandeja con medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup>; y en bandeja con medio normal y con Mycoral<sup>®</sup>, que tuvieron resultados iguales. Los valores más bajos los tuvieron los tratamientos con medio normal sin Mycoral<sup>®</sup> en ambos sistemas de siembra.

---

<sup>2</sup> Raddatz, E. 2000. Efectos de una buena inoculación de micorriza. Zamorano, Honduras. (comunicación personal).

**Cuadro 4.** Resultados de ocho tratamientos, en plantas de café ocho meses después de la siembra en el Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamientos	Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
	Raíz	Parte aérea	Total	Raíz	Parte aérea	Total
<b>Siembra tradicional en almácigo</b>						
Medio Pasteurizado M+	4.39 <sup>a</sup>	11.99 <sup>a</sup>	16.38 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	3.69 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>
Medio Pasteurizado M--	1.39 <sup>bc</sup>	5.66 <sup>cd</sup>	7.05 <sup>cd</sup>	0.29 <sup>cd</sup>	1.69 <sup>cd</sup>	1.98 <sup>c</sup>
Medio Normal M+	2.11 <sup>b</sup>	9.66 <sup>b</sup>	11.77 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	2.88 <sup>b</sup>	3.45 <sup>b</sup>
Medio Normal M--	0.99 <sup>c</sup>	5.20 <sup>cd</sup>	6.19 <sup>cd</sup>	0.24 <sup>d</sup>	1.42 <sup>d</sup>	1.65 <sup>c</sup>
<b>Siembra en bandeja de celdas</b>						
Medio Pasteurizado M+	3.50 <sup>a</sup>	8.98 <sup>b</sup>	12.48 <sup>b</sup>	0.84 <sup>a</sup>	2.50 <sup>b</sup>	3.34 <sup>b</sup>
Medio Pasteurizado M--	2.28 <sup>b</sup>	5.89 <sup>c</sup>	8.18 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	1.59 <sup>d</sup>	2.11 <sup>c</sup>
Medio Normal M+	3.92 <sup>a</sup>	8.82 <sup>b</sup>	12.73 <sup>b</sup>	0.85 <sup>a</sup>	2.31 <sup>bc</sup>	3.16 <sup>b</sup>
Medio Normal M--	0.68 <sup>c</sup>	3.73 <sup>d</sup>	4.40 <sup>d</sup>	0.49 <sup>bc</sup>	1.72 <sup>cd</sup>	2.21 <sup>c</sup>
<b>C.V</b>	33.77	21.07	22.1	29.34	23.13	22.93

Valores con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente (P=0.0001). M+= Con Mycoral<sup>®</sup>. M--= Sin Mycoral<sup>®</sup>

#### 4.2.8 Peso seco total.

Para esta variable y como se ha venido reiterando, los mejores resultados se obtuvieron con tratamientos que incluían Mycoral<sup>®</sup> en ambos sistemas de siembra, sin importar el medio de crecimiento (Cuadro 4). Sin embargo, hay que resaltar que el peso seco parte aérea en el tratamiento de siembra tradicional en medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> obtuvo el mejor resultado y superior estadísticamente a todos. Nótese también que al sacar el porcentaje de agua removida en base al peso fresco, no hubo mucha diferencia, oscilando los valores en un rango de 69 % a 79 %.

Es importante mencionar que en esta etapa de vivero la siembra tradicional fue en la que se obtuvo la mayor diferencia entre usar o no Mycoral<sup>®</sup>. En el medio pasteurizado y con micorrizas se obtuvo un aumento del 134.3% en peso seco total, mientras que en el medio normal fue de 109 %, valores que fueron muy superiores a la siembra en bandeja donde se obtuvo 58 % y 43 % respectivamente. El hecho que la siembra tradicional fue mejor se puede atribuir a una mejor adaptación de la planta, ya que desde que germinó la semilla ya estaba en un medio más real, mientras que en la bandeja si bien estuvo mejor a la hora

del trasplante, el paso a otro ambiente menos favorable que en el que estaba como es la bolsa la perjudicó.

Es importante resaltar que se sacó muestras de raíces y de suelo para determinar el porcentaje de infección y el número de esporas por cada tratamiento. Como se esperaba los medios pasteurizados en ambos sistemas de siembra dieron los mejores porcentajes y la mayor cantidad de esporas, lo que indica que la pasterización favoreció el establecimiento de la micorriza (Cuadro 5).

Algo curioso de mencionar es que al usar el medio normal con Mycoral<sup>®</sup> el porcentaje de infección fue inferior a los medios pasteurizados, lo que indica que existen micorrizas nativas que compiten con la micorriza de la cepa seleccionada, afectando su desarrollo. Este dato corrobora lo afirmado por Linderman (1992) que en suelos sin pasteurizar existen microorganismos que están involucrados en la inhibición de la germinación de las esporas, además de competir por recursos y parasitismo diferenciado de acuerdo a la especie fúngica de M.A, al color y edad de las esporas. Esto se puede confirmar con el hecho que en medio normal y aún pasteurizado sin Mycoral<sup>®</sup> hubo cierto porcentaje de infección y una cantidad baja de esporas (Cuadro 4).

#### **4.3 OBSERVACIONES INCONCLUSAS A ESTUDIAR EN EL FUTURO.**

Por razones diversas la cantidad de infección de *Cercospora* en las hojas no se pudo analizar en forma correcta y para evitar interrogantes se decidió no tomarla en cuenta, pero es importante mencionar que al realizar el conteo se observó una menor infección con este patógeno (50 % menos) en las plantas micorrizadas por lo que se debe estudiar a fondo este aspecto.

Por otro lado, antes de pasar las plantas a campo se hizo un análisis foliar encontrándose niveles de nitrógeno diferentes entre los bloques con y sin Mycoral<sup>®</sup>, niveles de P y K suficientes en todos los bloques, y niveles bajos de Ca entre otros (Anexo 8). Se pudo apreciar, en forma visual, una pequeña decoloración que mostraban las hojas de las plantas que no habían sido inoculadas.

**Cuadro 5.** Porcentaje de infección y número de esporas de micorrizas para plantas de café ocho meses después de la siembra.

Tratamientos	Porcentaje de infección	Número esporas en 100 g de muestra
<b>Siembra tradicional en almácigo</b>		
Medio Pasteurizado M+	65	2044
Medio Pasteurizado M--	12	154
Medio Normal M+	58	1806
Medio Normal M--	39	868
<b>Siembra en Bandeja de celda</b>		
Medio Pasteurizado M+	67	1652
Medio Pasteurizado M--	16	238
Medio Normal M+	54	1778
Medio Normal M—	32	336

M+ = Con Mycoral<sup>®</sup>; M-- = Sin Mycoral<sup>®</sup>.



## 5. CONCLUSIONES.

1-El Mycoral<sup>®</sup> tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, tanto en la etapa de semillero como en plantas ya establecidas en el vivero, sin importar el medio utilizado.

2- En cuanto al medio se refiere, en la mayoría de los tratamientos donde se tenía la combinación de medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> con ambos sistemas de siembra (tradicional en almácigo y bandeja multiceldas), los resultados alcanzados variaron desde un 15 % hasta un 181 % de aumento de peso seco en comparación con la combinación medio normal sin Mycoral<sup>®</sup>.

3- En la etapa de semillero, cuando se analizó la planta en “chapola” y lista para ser transplantada a bolsa, el mejor sistema de siembra para peso seco total fue el de bandeja con Mycoral<sup>®</sup>, pero seguido muy de cerca del sistema tradicional (44 % menos) con Mycoral<sup>®</sup>. En la etapa de vivero cuando la planta ya estuvo lista para ir al campo el mejor sistema fue el tradicional usando almácigo con Mycoral<sup>®</sup> en 9 % superior en el peso seco al de bandeja con Mycoral<sup>®</sup>.

4- Si se quieren tener plántulas en bolsas con una raíz pivotante lo más grande posible, se debe de sembrar en almácigo ya que en bandeja la poca profundidad de la celda inhibió el crecimiento de la raíz.

5- El grosor de tallo, que es una característica importante a tomar en cuenta para evitar estrés y quebraduras a la hora del transporte, fue mejor al utilizar Mycoral<sup>®</sup> y la siembra tradicional con un medio pasteurizado, que mostró superioridad significativa (más de la mitad, 78 %), sobre el medio normal sin Mycoral<sup>®</sup>.

6- El mejor tratamiento a los ocho meses de la siembra fue el almácigo tradicional con medio pasteurizado y Mycoral<sup>®</sup>, seguido muy de cerca del de medio sin pasteurizar con Mycoral<sup>®</sup>. No hay que dejar de lado el sistema en bandeja ya que usando medio inoculado los resultados fueron muy satisfactorios.

7- Lo ideal es usar un medio pasteurizado con Mycoral<sup>®</sup> pero si no se pudiera pasteurizar, la inoculación de todas maneras daría un beneficio significativo.

8- El costo de pasteurizar e inocular el medio es compensado ampliamente por el aumento en crecimiento y una mejor tolerancia a los problemas sanitarios de la planta.

## 6. RECOMENDACIONES.

- 1- Fermentar la casulla de arroz que se use en el medio de crecimiento para mejorar su retentividad, pues al hacer los riegos se notó que no había retención de agua, secándose el medio rápidamente, esto afectó la germinación.
- 2- Hacer un ensayo sólo con siembra tradicional para imitar la realidad de un caficultor convencional.
- 3- Separar bien en futuros ensayos los tratamientos con los medios inoculados con Mycoral® y los sin Mycoral® para evitar la inoculación cruzada. Incluso tener en cuenta el efecto de salpicadura.
- 4- Realizar investigaciones de cuanta cantidad de inóculo se puede utilizar para maximizar la eficiencia del Mycoral®. En este estudio se puso 100g de producto por bolsa.
- 5- Hacer un análisis previo de suelo para determinar el nivel de fósforo y la cantidad de otros nutrientes para comparar luego con un análisis foliar y calcular la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta.
- 6- Realizar un análisis tanto en bolsa como en el terreno de establecimiento definitivo, a la estructura de suelo al inicio y después de un tiempo determinado, para ver si hay una mejoría en la estructura debido a la formación de agregados por acción de la MA.
- 7- Para ensayos posteriores con Mycoral®, y su efecto en ataques de patógenos como la *Cercospora* se debe realizar una escala de porcentaje de infección por hoja y luego sacar un promedio por planta, para obtener el promedio de hojas infectadas y el porcentaje promedio de infección en las plantas de cada tratamiento.
- 8- Probar el Mycoral® en un medio normal y medir su efecto en el problema del mal del talluelo e inclusive hacer una inoculación con el patógeno para demostrar la capacidad de la micorriza en contrarrestar este problema. Lo mismo con nematodos.
- 9- Evitar dejar expuesto el Mycoral® a los rayos del sol o a temperaturas muy altas porque podría haber muerte de estructuras infectivas. Por otro lado, para mayor facilidad a la hora de la inoculación es mejor que el producto se encuentre seco.

10- Estudiar cuanto tiempo puede durar el Mycoral<sup>®</sup> en almacenamiento por ser un producto que contiene organismos vivos.

11- Realizar la inoculación a la siembra poniendo en el fondo de la postura un 90% de la cantidad recomendada, luego poner la semilla y tajarla con el 10 % restante, para asegurar el máximo contacto de la radícula con el producto.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Allen, M. 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on water movement through *Bouteloua gracilis* (H.B.K). Lax ex steud. New Phytol, 91: 191-196.
- Alvarado, M.; Rojas, G. 1998. El cultivo y el beneficiado del café. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 160 p.
- Ames, R. 1984. Nitrogen sources and A values for vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal sorghum grown at three rates of N<sup>15</sup> ammonium sulphate. New Phytol, 97: 269-276.
- Azcón, A. 1980. Micorrizas. Investigación y Ciencia. 47:8-16.
- Bagyaraj, D. 1984. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: Va Mycorrhiza. Ed. by C. Ll. Powell and D.J Bagyaraj. CRC Press, Boca Ratón, Florida. p. 131-153.
- Barea, J. 1986. Importance of hormones and root exudates in mycorrhizal phenomea. INRA, París. p 177-187.
- Barreno, E. 1991. Biotecnología Forestal: Micorrizas, bosque, erosión y agricultura. Departamento de Biología Vegetal y Botánica. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia. Burjasot, Valencia, España.
- Blanco, F.; Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura. Agronomía Costarricense (Costa Rica) 21:55-67.
- Bowen, G. 1973. Mineral nutrition of ectomycorrhizae. Ed. by G. Marks, and T. Kozlowski, p 151-205.
- Chavarría, M. 1999. Usos de la micorrizas en la agricultura. Curso de Biología de Suelos, CIA-UCR. p. 29-59.
- Fernández, F; Cañazares, G; Rivera, R; Herrera, A. 1992. Efectividad de tres hongos formadores de micorriza vesiculo-arbuscular y una cepa de bacteria solubilizadora de fósforo sobre el crecimiento de posturas de cafeto. Cultivos Tropicales. 13(1):23-27.

- Guerrero, E. (ed). 1996. Micorrizas recurso biológico del suelo. Bogotá, Colombia, Fondo FEN Colombia. 206 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.
- IHCAFE. 1998. Variedad Lempira. Tegucigalpa, Honduras, HICAFE. 20 p.
- Johnson, N.; Pflieger, F. 1992. Vesicular-arbuscular Mycorrhizae and culture stresses. Ed by G. Bethlenfalvay, and R. Linderman, Madison, Wisconsin, U.S.A. ASA Special Publication Number 54. p 70-99.
- Linderman, R. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. *In Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Ed. by G. Bethlenfalvay, and R. Linderman, Wisconsin, U.S.A. ASA Special Publication Number 54. p 45-70
- Marzocca, A. 1985. Nociones Básicas de Taxonomía Vegetal. IICA, San José, Costa Rica. 263 p.
- Morton, J. 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonacea. *Mycologia*, 82: 192-207.
- Nociones de Fisiología Vegetal. 2000. Accesado 5 abril 2001. Disponible en <http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/floxi/revisado.htm>.
- Plant, Z. 1988. Photosynthesis of salt-stressed maize as influenced by Ca: Na ratios in the nutrient solution. *Plant and Soil*. 105:283-286.
- Read, D. 1984. Progress, problems and prospects in research on Ericaceous and Orchidaceous mycorrhizas. *Proceedings of the 6th NACOM*. p. 202-206.
- Redhead, J. 1980. Mycorrhiza in natural tropical forests. *In: Tropical Mycorrhiza Research*. Ed. by P. Mikola, Clarendon Press, Oxford. p. 127-142.
- Safir, G. 1987. VA Mycorrhizae: An ecophysiological approach. *In Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Ed. by G: R. Safir. p. 1-5
- Salas, E. 1990. Selección de plantas hospederas para reproducción de inóculo de hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares MVA, en macetas. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. 94 p.
- Sánchez, P.; Salinas, J. 1980. Low-input technology for managing occisols and ultisols in tropical. *America. Advances in Agronomy*. 34:279-406.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Federal Republic of Germany. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 184 p.

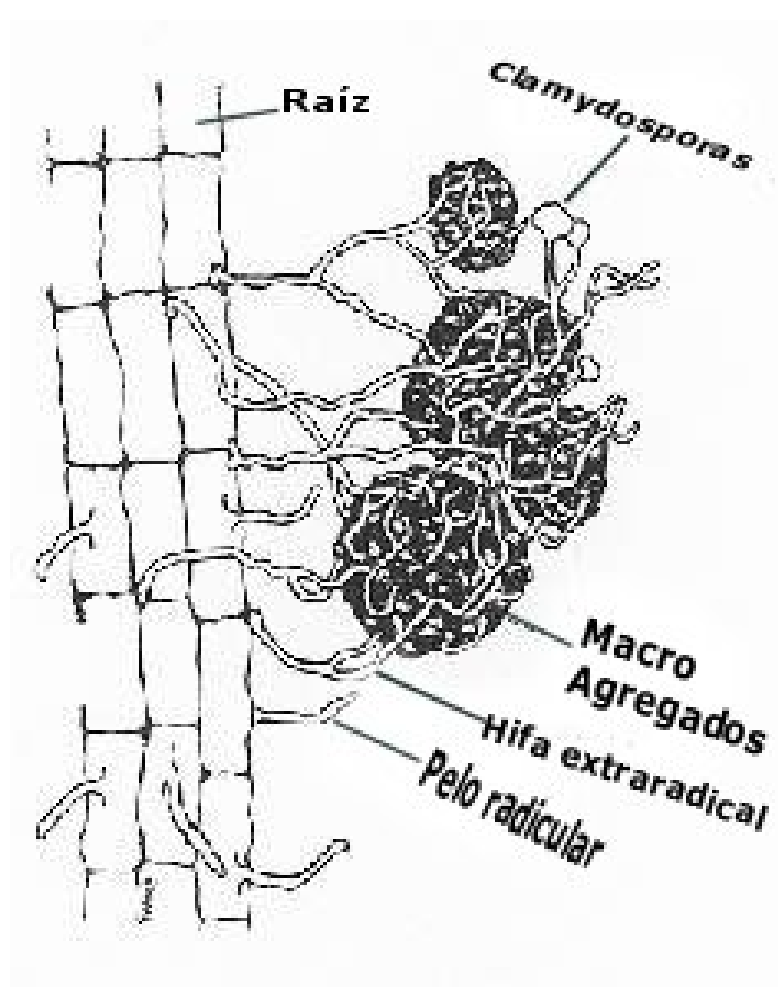
Siqueira, J. 1989. Ocorrência de micorrizas vesicular arbusculares em agro-ecossistemas naturais do Estado de Minas Gerais, *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília 24:1496-1506.

Smith, S. 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plant. *Biol.Rev* 55:475-510.

Smith, S.; Gianinazzi, V. 1989. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Biol.* 39: 221-224.

Valencia,G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Quito Ecuador, INPOFOS. p 18-26.

**Anexo 1. FORMACIÓN DE AGREGADOS CON LA AYUDA DE LAS HIFAS DE LA MA.**



Fuente: Miller & Jastrow, 1992 <http://dmsylvia.ifas.ufl.edu/mycorrhiza.htm>  
 Editado: Gabriel Chiriboga (2001).

**Anexo 2. SIEMBRA EN ALMÁCIGO TRADICIONAL**



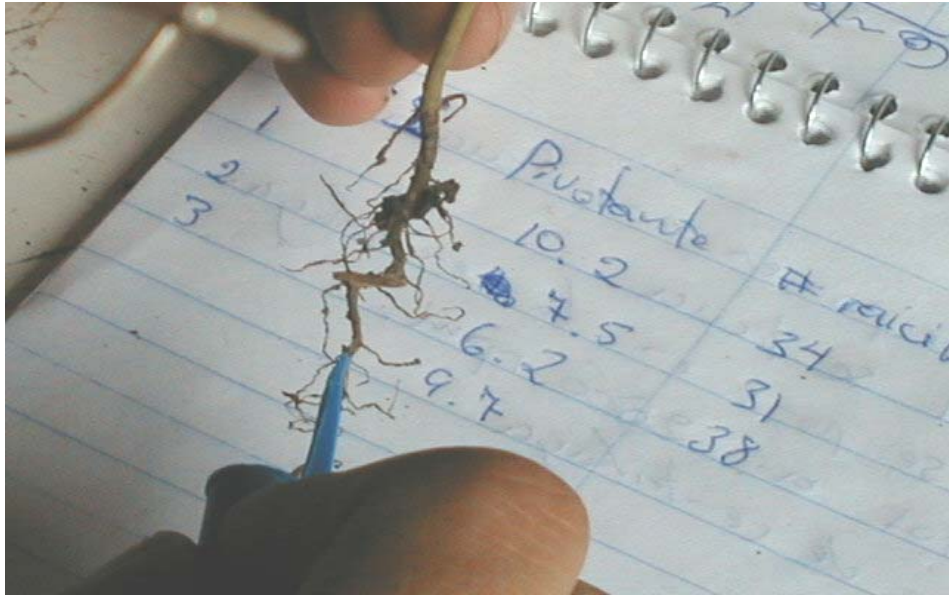
**Anexo 3.** SIEMBRA EN BANDEJA MULTICELDA.



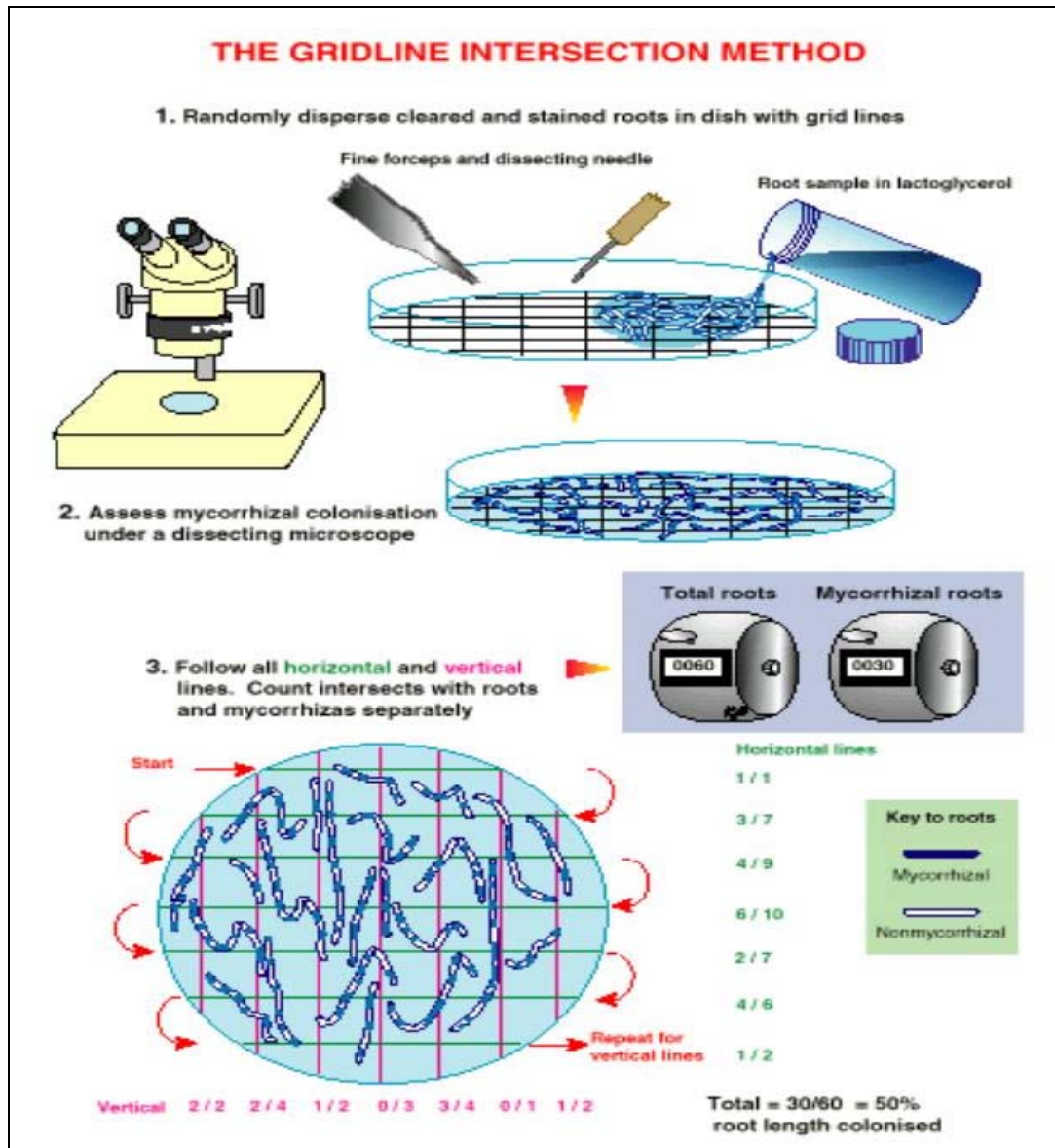
**Anexo 4.** UBICACIÓN DEL SEMILLERO EN LA ESTRUCTURA.





**Anexo 5. CONTEO DE NÚMERO DE RAÍCES SECUNDARIAS****Anexo 6. HORNO DE SECADO PARA DETERMINAR EL PESO SECO.**

## Anexo 7. MÉTODO UTILIZADO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE INFECCIÓN.



<http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/vam.html#S3> Mark Brundrett  
 WORKING WITH MYCORRHIZAS IN FORESTRY AND AGRICULTURE  
 By: Mark Brundrett, Neale Bougher, Bernie Dell, Tim Grove and Nick Malajczuk  
 Published by the Australian Centre for International Agricultural Research in 1996.

**Anexo 8.** Análisis foliar en plantas de ocho meses después de la siembra, establecidas en el campo.