

**Evaluación de los beneficios de la inoculación  
con micorriza arbuscular en el cultivo de  
frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**Gonzalo Gustavo Montaña Alvarado**

**ZAMORANO**

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Noviembre, 2001

# **Evaluación de los beneficios de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Tesis presentada como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en el Grado Académico de Licenciatura

presentado por

**Gonzalo Gustavo Montaña Alvarado**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2001

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

---

Gonzalo Gustavo Montaña Alvarado

Zamorano, Honduras  
Noviembre, 2001

**Evaluación de los beneficios de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**

presentado por

Gonzalo Gustavo Montaña Alvarado

Aprobada:

---

Juan Carlos Rosas, Ph. D.  
Asesor Principal

---

Jorge Iván Restrepo, M.BA.  
Coordinador, Carrera de  
Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Aracely Castro, M. Sc.  
Asesor

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Coordinador de Área Temática

---

Raúl Espinal, Ph. D.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph. D.  
Decano Académico

---

Pablo Emilio Paz, Ph. D.  
Coordinador PIA-Fitotecnia/CPA

---

Keith Andrews, Ph. D.  
Director General

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme esas fuerzas en los momentos que más las necesitaba.

A mis queridos padres, Gonzalo y Nelly, por haber confiado en mi persona y haberme enseñado de que todo se logra con sacrificio y voluntad.

A mis hermanos, Arturo y Nelson, por su apoyo incondicional en todo momento y sus consejos.

A mis abuelitos, Marina y Arturo, por su constante preocupación y apoyo para con mi persona.

.....y a mi querida Tarija.

## AGRADECIMIENTO

A Dios padre, por haberme acompañado en todo momento, siendo el norte a seguir en mi vida.

A mis padres y hermanos, les agradezco infinitamente por todo el esfuerzo que hicieron para que pueda realizarme como profesional y demostrarme en todo momento su cariño y apoyo.

A mis abuelos, por confiar en mi persona y poder darles esta satisfacción como muestra del cariño y admiración que les tengo.

A todos mis tíos que en ciertos momentos me alentaron e incentivaron con sus consejos que más que simples fueron de mucha importancia.

Al Dr. Juan Carlos Rosas, por su invaluable colaboración durante la realización de este proyecto.

A la Ing. Aracely Castro, por su inestimable apoyo tanto profesional como personalmente. Muchas gracias ingeniera por esos consejos.

Al Dr. Raúl Espinal, por su valiosa colaboración en la realización de esta investigación.

A todo el personal del PIF, por su cooperación en la ejecución de este proyecto, en especial a Tomasa Colindres.

A Don Ovidio, por permitirnos realizar este trabajo en su finca.

A la familia Jiménez Tórrez por el apoyo brindado durante me estadía en Zamorano.

A todos mis amigos en Zamorano que me apoyaron y me brindaron un cariño de hermano; gracias Ricardo M., Mariano J., Dayske S., Juan Pablo A., Ramiro V., Rodrigo M., Silvana O., Alejandro M., Sergio M., Julio Cesar M., Emerson M., Alejandra L., Matilde L., Cristina I., Jaime S., Sergio A., Luis C., Arturo C., Francisco A., Reinaldo Ch., Diego V., Shohei T., Rómulo A., Gerardo T., y a todos los que no pude mencionar, sepan que los llevo muy dentro y que también estoy agradecido con ustedes.

A mis amigos en Tarija que siempre estuvieron pendiente de mi persona, gracias por demostrarme su verdadera amistad.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Al Proyecto Micorriza de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, por el apoyo recibido durante la ejecución de esta investigación, bajo el financiamiento del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Donación USDA/FAS/ICD No. 59-3148-1-014).

Al Programa de Investigación en Frijol, por el apoyo brindado en la ejecución de esta investigación, con el financiamiento del programa Bean/Cowpea CRSP (Donación USAID No. DAN-1310-G-SS-6008-00).

Al Dr. Erich Raddatz por su valiosa colaboración en la realización de este estudio a través sus conocimientos y la autorización para el uso del biofertilizante MYCORAL<sup>®</sup>.

A la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), por el financiamiento de mis estudios en el Programa de Agrónomo.

## RESUMEN

Montaño, G. 2001. Evaluación de los beneficios de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 30 p.

El frijol es la fuente proteica más importante en la dieta de la población centroamericana, donde el principal productor de este grano es el agricultor de subsistencia. Una alternativa para que estos productores mejoren la productividad de este cultivo es el uso de micorrizas en sus sistemas de producción, lo cual ha demostrado incrementar el crecimiento y desarrollo de las plantas. El objetivo de esta investigación fue determinar el valor agronómico de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo de frijol. El experimento tuvo dos fases, una de invernadero y otra de campo. La de invernadero se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana entre febrero y abril de 2001, donde se evaluó el comportamiento de cuatro genotipos con y sin aplicación de micorriza, usando un diseño experimental de parcelas divididas. La fase de campo se efectuó en la comunidad de El Overo, departamento de El Paraíso, en la época de primera de 2001. En ésta se valoró el comportamiento de dos genotipos con y sin micorriza a diferentes niveles de fertilización inorgánica, usando un diseño experimental de parcelas divididas. En invernadero, el peso seco de la biomasa aérea (PSBA) de las plantas micorrizadas fue 43% superior a las no micorrizadas y el incremento del rendimiento a causa de la inoculación fue 45%. La variedad Tío Canela-75 fue la que presentó el mayor rendimiento. En la fase de campo, la micorriza incrementó en 18 y 13% el PSBA y el rendimiento, respectivamente. No hubo respuesta a la fertilización. El uso de la variedad Milenio incrementó 10% el PSBA en comparación a Tío Canela-75, aunque en rendimiento fue similar. En la etapa de llenado de vainas, la carga reproductiva fue evaluada por los agricultores, los cuales identificaron a las plantas micorrizadas como las más productoras. Económicamente los tratamientos con micorriza no fueron rentables. Los elevados PSBA se debieron a una mayor infección de la micorriza, lo cual se vio reflejado en los rendimientos. El efecto nulo de la fertilización pudo haberse debido al bajo nivel de fósforo (4 ppm) en el suelo. La diferencia entre el PSBA de Milenio con Tío Canela-75 se atribuye a la genética y fisiología de Milenio. El precio y la cantidad requerida de inoculante no hicieron económicamente factible el uso de micorrizas en el primer ciclo de frijol.

**Palabras claves:** Biofertilización, evaluación participativa, interacción, MYCORAL®, tecnología alternativa, valor agronómico.

## NOTA DE PRENSA

### MICORRIZAS AUMENTAN LA PRODUCTIVIDAD DE FRIJOL

Considerando que los pequeños agricultores son los principales productores de frijol de la región y que sus bajos rendimientos se deben al uso de tecnologías y prácticas agrícolas inadecuadas, se probó una tecnología basada en la inoculación con hongos micorrízicos como una posible alternativa para incrementar la productividad de este cultivo e implementar una técnica orgánica que complemente o reemplace en parte la utilización de fertilizantes inorgánicos.

La Escuela Agrícola Panamericana estableció 2 ensayos para determinar el valor agronómico de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo de frijol.

El primer ensayo se realizó en invernadero entre los meses de febrero y abril de 2001, en el cual la inoculación con micorriza de cuatro variedades (Catrachita, Desarrural, Milenio y Tío Canela-75) reflejó un incremento del 43 y 45% en el peso seco de la parte aérea de la planta (PSPA) y el rendimiento, en comparación con las no inoculadas. Para este ensayo se utilizaron 20 macetas por variedad, 10 con micorriza y 10 sin micorriza.

El segundo estudio se efectuó en la comunidad de El Overo, ubicada en el departamento de El Paraíso, Honduras; entre los meses de junio y septiembre de 2001. En esta fase se analizó el efecto de la inoculación con micorriza y dos dosis de fertilización sobre el comportamiento de las variedades Milenio y Tío Canela-75. La presencia de la micorriza incrementó en un 18 y 13 % el PSPA y el rendimiento, en comparación con las plantas sin micorriza. Tanto la fertilización del agricultor (65 kg/ha de 12-24-12) como la recomendada (130 kg/ha de 12-24-12) no tuvieron un efecto significativo sobre estas variables. La variedad Milenio presentó un mayor PSPA que Tío Canela-75, aunque el rendimiento de ambas fue similar. La participación de los agricultores en el proceso de evaluación de esta tecnología fue trascendental para la validación de la misma. Este ensayo contó con ocho tratamientos cada uno con cuatro parcelas de 32 m<sup>2</sup>.

Se recomienda a los agricultores utilizar las variedades Milenio y Tío Canela-75 para la producción de frijol en asocio con micorrizas, empleando la dosis de fertilización que ellos suelen utilizar, ya que así podrán aumentar sus rendimientos y reducir en parte la utilización de fertilizantes inorgánicos.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de Cuadros.....	xi
	Índice de Anexos.....	xiii
1.	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo general.....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
2.	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	IMPORTANCIA DEL FRIJOL.....	3
2.2	DEFINICIÓN DE MICORRIZA.....	3
2.3	TIPOS DE MICORRIZAS.....	4
2.4	MICORRIZA VESÍCULO-ARBUSCULAR (MVA).....	4
2.4.1	Importancia.....	4
2.4.2	Morfología y desarrollo de MVA.....	4
2.4.3	Principales funciones de la MVA.....	5
2.4.3.1	El fósforo y las micorrizas.....	5
2.4.3.2	Absorción de otros elementos.....	5
2.4.3.3	Aumento de la resistencia de la planta a estrés hídrico.....	5
2.4.3.4	Incremento de la fijación de N.....	6
2.4.4	Aplicación de la MVA en la agricultura.....	6
2.4.4.1	MVA en frijol.....	6
2.4.4.2	MVA en otros cultivos.....	7
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
3.1	UBICACIÓN.....	8
3.2	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	8
3.3	METODOLOGÍA.....	8
3.3.1	Fase de Invernadero.....	8
3.3.1.1	Tratamientos.....	8
3.3.1.2	Medio de crecimiento.....	9
3.3.1.3	Diseño experimental.....	9

3.3.1.4	Variables evaluadas.....	9
3.3.1.5	análisis estadístico.....	9
3.3.2	Fase de Campo.....	10
3.3.2.1	Caracterización del terreno.....	10
3.3.2.2	Tratamientos.....	10
3.3.2.3	Características de la parcela.....	10
3.3.2.4	Siembra participativa.....	11
3.3.2.5	Diseño experimental.....	11
3.3.2.6	Variables evaluadas.....	11
3.3.2.7	Análisis estadístico.....	11
3.3.2.8	Análisis económico.....	12
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	13
4.1	FASE INVERNADERO.....	13
4.1.1	Evaluación de variables agronómicas.....	13
4.1.2	Análisis de correlación.....	13
4.2	FASE CAMPO.....	15
4.2.1	Evaluación de variables agronómicas.....	15
4.2.2	Análisis de correlación.....	15
4.2.3	Evaluación participativa de la carga reproductiva del cultivo.....	15
4.2.4	Análisis económico.....	18
4.2.4.1	Costos diferenciales.....	18
4.2.4.2	Análisis de dominancia.....	19
4.2.4.3	Análisis marginal absoluto.....	19
4.2.4.4	Análisis marginal relativo.....	20
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	21
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	22
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	23
8.	<b>ANEXOS</b> .....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Número de esporas (NE), infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSPA), número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de 10 semillas (PSDS) y rendimiento (RDTO) de cuatro genotipos de frijol inoculados con micorriza vesículo-arbuscular en invernadero. Zamorano, Honduras, 2001.....	14
2.	Coeficientes de correlación (r) entre la infección de las raíces (IR) y el número de esporas (NE) con el peso seco de la biomasa aérea (PSBA), el número de vainas por planta (NVP), el número de semillas por vaina (NSV), el peso seco de 10 semillas (PSDS) y el rendimiento (RDTO) del frijol. Zamorano, Honduras, 2001.....	14
3.	Número de esporas (NE), infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) de dos genotipos de frijol inoculados con micorriza vesículo-arbuscular bajo diferentes niveles de fertilización. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	16
4.	Efectos de la interacción micorriza x genotipo en la infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) de genotipos de frijol. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.	17
5.	Efectos de la interacción micorriza x fertilización x genotipo en la infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) del frijol común. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	17
6.	Coeficientes de correlación (r) entre la infección de las raíces (IR) y el número de esporas (NE) con el peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y el rendimiento (RDTO) del frijol. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	17
7.	Comparación de la evaluación participativa de la carga reproductiva con el rendimiento de grano a la madurez fisiológica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	18
8.	Costos diferenciales de la producción frijol utilizando inoculación con micorriza y diferentes niveles de fertilización. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	18

9.	Análisis de dominancia del rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica y micorrizas. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	19
10.	Análisis marginal absoluto sobre el rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	20
11.	Análisis marginal relativo sobre el rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.....	20

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Análisis de suelo de la Fase de Invernadero.....	26
2.	Diagrama de la distribución de los tratamientos en la Fase de Invernadero.....	27
3.	Análisis de suelo de Fase de Campo.....	28
4.	Diagrama de la distribución de los tratamientos de la Fase de Campo.....	29
5.	Formato para la evaluación cualitativa participativa de la carga reproductiva del frijol.....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción del cultivo de frijol se encuentra en manos de pequeños agricultores de países en desarrollo de las regiones de América Latina, África y Asia, donde se genera el 77% de la producción mundial. Por otra parte, en países desarrollados, este grano básico constituye un cultivo de alta tecnología y un producto de exportación, que representa el 23% de la producción mundial (Rosas, 1998).

En Honduras, este grano es uno de los componentes esenciales en la dieta de la mayoría de la población debido a su valor proteico (20-22%), el cual supera al de muchos alimentos (Rosas, 1998). El consumo *per cápita* según su disponibilidad y el estrato social, se encuentra entre 9 y 21 kg/año. En este país, la producción de frijol varía según el área de siembra, los rendimientos y las prácticas de manejo que cambian de acuerdo con la región. Entre 1993 y 1998, se cultivó un promedio de 113,789 ha/año, con una producción de 83,188 TM y un rendimiento promedio de 732 kg/ha (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1998).

Según López *et al.* (1985), el agricultor de recursos limitados obtiene rendimientos inferiores al potencial del cultivo y al de regiones desarrolladas. Esto se atribuye a factores como la alta incidencia de enfermedades e insectos, sequía, densidades bajas por pobre calidad de semilla y resistencia de los agricultores a invertir en nuevas tecnologías por el riesgo de que no resulten factibles de adopción o por los escasos recursos con que cuenta para la inversión. Todos estos factores justifican la evaluación de nuevas alternativas complementarias a las prácticas de producción actualmente empleadas. Una de estas tecnologías esta basada en la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular (MVA), la cual es una posible opción para incrementar la productividad del cultivo e implementar una técnica orgánica que complemente o reemplace el uso de fertilizantes inorgánicos.

“Botánicamente, el término micorriza se refiere a una asociación mutualista no patogénica entre las raíces de la mayoría de las plantas y determinados hongos del suelo (Sieverding, 1991)”. El principal efecto que promueve esta simbiosis en las plantas es un incremento en la absorción de nutrimentos del suelo, que se refleja en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas (Hernández, 2000). Existen otros efectos producidos por la MVA, entre los que destacan el aumento de la resistencia y/o tolerancia de la planta al estrés hídrico (Pedersen y Sylvia, 1996), a la salinidad (Srivastava *et al.*, 1996) y a patógenos del suelo (Linderman, 1994). Así mismo, se ha observado un incremento de la fijación de nitrógeno en leguminosas (Linderman, 1992) y se ha demostrado que los hongos que forman micorrizas vesículo-arbusculares provocan un efecto positivo sobre las características edáficas (Sieverding, 1991).

Esta investigación estuvo dirigida a pequeños agricultores de la región de producción Centro-oriental de Honduras, con el fin de que la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular pueda incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo de frijol y en consecuencia, mejorar sus ingresos mediante la adopción de una nueva tecnología en la que ellos sean partícipes del proceso de evaluación.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general

Determinar el valor agronómico de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular (MVA) en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

### 1.1.2 Objetivos específicos

1. Medir la respuesta de genotipos de frijol a la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular.
2. Validar la tecnología de inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en fincas de agricultores.
3. Determinar con la participación de agricultores los beneficios de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en el desarrollo y productividad del cultivo del frijol

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 IMPORTANCIA DEL FRIJOL**

El frijol común es la especie de leguminosas de grano más importante para el consumo humano y es cultivada en casi todo el mundo; en América Latina, la región de mayor producción y consumo, se genera más del 45% de la producción mundial (Voysnest, 2000).

La importancia del frijol en Centroamérica se atribuye tanto al área cultivada como al consumo, principalmente por habitantes de bajos recursos, ya que constituye una fuente barata de proteínas y en última década se ha convertido en el principal grano básico generador de ingresos en los sistemas de producción de pequeños agricultores (Viana, 1998). El consumo *per cápita* para la región es de 9.8 kg/año, pero se considera que sería mayor si la producción mejorara aumentando la disponibilidad del grano durante todo el año (Rosas, 1998). En Honduras, este grano es el segundo más importante después del maíz, cuyo consumo y aérea sembrada son mayores (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1998).

Según Bravo Yáñez (1999), existen varios factores que limitan la producción y productividad de este grano que es mayormente cultivado por agricultores que emplean tecnologías de bajos insumos. Entre ellos se encuentra la siembra en suelos deficientes de nutrimentos, alta presión de plagas y enfermedades por el uso de genotipos susceptibles y prácticas inadecuadas de manejo del cultivo, lo que resulta en una agricultura de baja productividad que se afianza con la escasez de recursos económicos y la falta de tecnologías adecuadas a sus sistemas de producción.

El bajo potencial de rendimiento y el desarrollo deficiente del frijol en condiciones de sequía y salinidad, hacen que las nuevas prácticas de producción de este cultivo se enfoquen en incrementar la productividad debido a la importancia agrícola y la presencia de este grano en la dieta de millones de latinos y habitantes de otras regiones del mundo (Izquierdo y White , 1989).

### **2.2 DEFINICIÓN DE MICORRIZA**

Se conoce como micorriza a la asociación mutualista entre las raíces de la mayoría (95% de las especies vegetales) de las plantas cultivadas y silvestres y ciertos hongos del suelo. Esta simbiosis es casi universal y fue identificada hace más de un siglo, aunque es tan antigua como las mismas plantas (Hernández, 2000).

## 2.3 TIPOS DE MICORRIZAS

De acuerdo con su morfología, Safir (1990) divide a las micorrizas en dos grupos, las ectomicorrizas y las endomicorrizas. En el primero, el desarrollo del hongo sobre las primeras capas de la corteza radicular es intercelular, formando una cubierta fungosa en el suelo que incrementa la nutrición de la mayoría de las especies forestales. En las endomicorrizas, los hongos colonizan la corteza radical dando lugar a un desarrollo intra e intercelular fúngico. Según Sieverding (1991), dentro de las endomicorrizas existen seis subtipos diferenciados por sus características estructurales, plantas hospederas y taxonomía de los hongos. Estos son las ectendomicorriza, arbutoidemicorriza, monotropoidemicorriza, ericoidemicorriza, orquidoidemicorriza y micorriza vesículo-arbuscular. Todos establecen asociaciones específicas con determinadas especies de plantas, a excepción de las ectendomicorrizas y las micorrizas vesículo-arbuscular que se asocian con una amplia variedad de especies vegetales. El subtipo más importante de este grupo lo constituye las micorrizas vesículo-arbusculares por su importancia en el crecimiento y desarrollo de la mayoría las plantas agrícolas (Safir, 1990; Sieverding, 1991).

## 2.4 MICORRIZA VESÍCULO-ARBUSCULAR (MVA)

### 2.4.1 Importancia

La importancia de la MVA se debe a su amplia distribución geográfica y dentro del reino vegetal, presentándose principalmente en los cultivos de interés agronómico e importancia económica de los trópicos y subtropicos (Srivastava *et al.*, 1996; Sieverding, 1991), siendo las familias Cruciferae y Chenopodeaceae las principales excepciones. Además, las estructuras formadas y el tipo de colonización de estas micorrizas, hacen a la MVA como la asociación simbiótica más importante entre la planta y el hongo (Hernández, 2000).

### 2.4.2 Morfología y desarrollo de MVA

La simbiosis micorrízica se inicia con la germinación de las esporas en condiciones favorables de temperatura y humedad, dando lugar a la aparición de tubos germinativos que crecen y buscan la raíz hospedera para penetrarla. Luego comienza la colonización del tejido parenquimático donde ocurre la formación de unas estructuras llamadas arbusculos, como consecuencia de una masiva ramificación de las hifas (Hernández, 2000). Estas estructuras, con una vida aproximada de cuatro días, son responsables de la transferencia de nutrimentos entre el hospedero y el hongo (Safir, 1990).

Una vez que el proceso de formación de arbusculos ha concluido, el hongo empieza a formar vesículas que contienen lípidos y varían en forma y tamaño. Estas estructuras son utilizadas por el hongo como órganos de reserva cuando la planta no puede suplir sus requerimientos (Safir, 1990; Sieverding, 1991).

La colonización del hongo se disemina por la superficie de la raíz mediante las hifas exteriores que la penetran a intervalos irregulares y que se desarrollan desde ella hasta el

suelo para explorar regiones inaccesibles. Con ello la planta incrementa su área de absorción de 100 a 1000 veces y aumenta la tasa de absorción de nutrientes (principalmente P, Zn y Cu) y agua (Sieverding, 1991; Hernández, 2000).

### **2.4.3 Principales funciones de la MVA**

#### **2.4.3.1 El fósforo y las micorrizas**

La actividad de las micorrizas se ve afectada por la presencia de elevados niveles de fósforo tanto en las raíces como en el suelo. Esto se refleja en la reducción de la infección de las raíces, específicamente en la disminución del desarrollo arbuscular, la cantidad de micelios externos y el número de puntos de entrada (Azcon-Aguilar y Bago, 1996). Por otra parte, Sieverding (1991) afirma que la MVA tiene un efecto muy significativo en el crecimiento de las plantas cuando los niveles de fósforo en el suelo son bajos, debido al excelente desarrollo del micelio externo que puede explorar regiones más allá de la zona de agotamiento. Esto sería de mucha importancia en los suelos de las regiones tropicales, que por lo general son deficientes en este elemento.

Los efectos causados por altos niveles de fósforo son atribuidos a la reducción en la tasa de exudación de las raíces, mermando de esta manera la cantidad de carbohidratos y aminoácidos que el hongo requiere para su desarrollo. Esta disminución de alimento para el hongo se atribuye a una menor permeabilidad en las membranas de las células causada por los elevados niveles de fósforo en las raíces, lo cual impide que los exudados surjan con mayor facilidad (Azcón-Aguilar y Bago, 1996).

#### **2.4.3.2 Absorción de otros elementos**

El nitrógeno es asimilado directamente por el hongo en forma de amonio, pero la absorción de este elemento en forma de nitrato es aún desconocida. Con respecto al transporte de potasio y magnesio, el papel de la micorriza no está claramente definido, pero se ha encontrado altas concentraciones de estos elementos en plantas micorrizadas. De igual manera, el transporte del calcio mediante las hifas no está plenamente demostrado y su absorción es supuestamente perturbada por la interacción con otros nutrientes (Sieverding, 1991).

En cuanto a los micronutrientes, la absorción a través de las hifas es favorecida para elementos como el zinc, cobre, azufre y molibdeno. De igual forma, microelementos como el hierro, manganeso y cloro son encontrados en altas concentraciones cuando las plantas han sido inoculadas con MVA. Sin embargo, algunos elementos tóxicos como el cadmio y níquel son absorbidos y transportados a la planta por la micorriza, causando cierta toxicidad que es subsanada por el incremento en la absorción de nutrientes y el balance de los mismos (Sieverding, 1991).

#### **2.4.3.3 Aumento de la resistencia de la planta a estrés hídrico**

El incremento de la resistencia de sequía de las plantas inoculadas con MVA es atribuido al aumento de la turgencia de la planta, la conductancia estomatal y la conductividad

hidráulica de la raíz, ya que los hongos pueden tomar el agua del suelo a niveles más bajos que la raíz mediante las hifas que se dispersan más allá de la zona de absorción. Por otra parte, las plantas micorrizadas cierran rápidamente sus estomas en respuesta a la luz corta, conservando el agua cuando la actividad fotosintética se reduce (Pedersen y Sylvia, 1996). Este incremento en la ganancia de agua de las plantas inoculadas con MVA, provee mayores probabilidades de sobrevivencia en condiciones extremas de sequía, principalmente en los suelos áridos de la región tropical (Raman y Mahadevan, 1996).

#### **2.4.3.4 Incremento de la fijación de N**

Las elevadas cantidades de fósforo que son utilizadas por las leguminosas en el proceso de fijación de nitrógeno en forma de ATP y ADP, hacen de estas plantas una familia totalmente micotrófica (Srivastava *et al.*, 1996). Además, el hecho de que las especies de esta familia formen un sistema radicular extenso hace que la micorriza juegue un papel importante en la absorción de fósforo, aumentando el crecimiento de las plantas. Por otra parte, el tamaño de las hojas de las leguminosas permite transferir suficientes fotosintatos para los microsimbiontes (MVA y *Rhizobium*), satisfaciendo la demanda de fósforo requerida para el proceso de fijación de nitrógeno (Sieverding, 1991).

El hongo y la bacteria interactúan directamente en la rizósfera antes de que la relación simbiótica con la planta se establezca, y generalmente, la colonización de las raíces por MVA favorece la actividad del *Rhizobium* incrementando el número de nódulos (Linderman, 1992). Este efecto estimulador es causado por el incremento en los niveles de fósforo de las plantas micorrizadas y los exudados de sus raíces que pueden actuar como atrayentes de *Rhizobium*. Los nódulos presentan mayor concentración de fósforo que los tejidos de las raíces; sin embargo, el hongo micorrízico no penetra estas estructuras y no hay certeza de que el fósforo trasladado por MVA sea alcanzado por el nódulo (Srivastava *et al.*, 1996).

#### **2.4.4 Aplicación de la MVA en la agricultura**

##### **2.4.4.1 MVA en frijol**

Según Anguiano *et al.* (2000), la inoculación con MVA en leguminosas presenta excelentes resultados sobre la mayoría de las variables agronómicas y fisiológicas, debido a que el crecimiento de estas plantas es favorecido por la eficiencia en la absorción de fósforo. Por otra parte, estudios realizados por Díaz-Franco *et al.* (2000), reportaron que la MVA incrementó el rendimiento de frijol a pesar de que no se observaron variaciones sobre el desarrollo de las plantas. Esto confirma lo que Rosemeyer (1994) señaló al aseverar que existe una correlación positiva entre la reducción del incremento del rendimiento de frijol y la reducción en la dosis de micorrizas.

En estudios realizados por Anguiano *et al.* (2000) se observó que de siete materiales de frijol utilizados, tres tuvieron una notable infección por MVA con 11 ppm de fósforo y sólo una variedad resultó significativamente superior cuando la fertilización fosforada tenía 22 ppm. De igual forma, al medir la tasa fotosintética sólo una variedad inoculada a 11 ppm fue significativamente superior, y a 22 ppm sólo tres variedades con MVA

demonstraron tener una mayor tasa fotosintética. Cuando se midió el peso seco de la raíz y follaje, dos variedades con MVA presentaron pesos superiores cuando se les adicionó 11 ppm de fósforo.

#### 2.4.4.2 MVA en otros cultivos

Según Olalde *et al.* (2000), la inoculación de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con MVA incrementó su crecimiento y desarrollo entre un 10 y 50%. Las plantas micorrizadas presentaron frutos con mejor color, luminosidad, textura y menor cantidad de enzimas de maduración. También determinaron que la infección de las raíces por el hongo *Glomus fasciculatum* fue oprimida con un aumento en la dosis de fósforo.

En otros trabajos, Salamanca (1999) demostró que ciertas especies de pastos y frutales presentaron una masiva infección de las raíces (53.8-74.8%) por los hongos de micorriza nativos y una baja población de esporas (6-8/g suelo). Con respecto a las pasturas, la especie *Brachiaria decumbens* presentó el mayor porcentaje de infección de las raíces, lo que avala que las gramíneas son altamente dependientes de la asociación micorrízica. En los frutales, la mayor colonización se dio con la presencia de micorriza nativa sin fertilización y la mayor población de esporas con los hongos introducidos y fertilización completa.

Chacón (1991) reportó que en estudios realizados sobre guayaba (*Psidium guajava* L.), el hongo *Scutellispora pollucida* fue el más eficaz en incrementar la biomasa, la longitud de las raíces, el área foliar y el contenido de nutrimentos en la planta. En adición, los altos porcentajes de infección de las raíces y crecimiento, reflejan que este frutal es altamente dependiente de la presencia de MVA en la rizósfera.

Estudios realizados por Arrieta (1999) en el cultivo de papa, demostraron que los diferentes niveles de fertilización básica y de micorrizas no presentaron efectos significativos sobre el rendimiento, aunque la fertilización afectó significativamente el número y peso de tubérculos de primera calidad. La infección por MVA en los diferentes tratamientos y en el testigo, señalan que la alta concentración de sales en el suelo no fue un factor restrictivo para el establecimiento de esta asociación. Por otro parte, el efecto mínimo de los tratamientos sobre el experimento fue debido al alto nivel de fertilidad inicial presente en el suelo y al posible antagonismo generado por las micorrizas nativas.

En el cultivo de cacahuete (*Arachis hypogaea*), Barrera *et al.* (1999) reportaron el establecimiento de micorriza vesículo-arbuscular y la nodulación con bacterias fijadoras de nitrógeno. La presencia de ambos simbioses varió de acuerdo a la época de muestreo, la textura del suelo y el genotipo de la planta. Con respecto a la fertilización, el cultivo no respondió probablemente por la simbiosis efectiva de las bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos micorrízicos para transferir nutrimentos a la planta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en dos fases. La primera se efectuó en los invernaderos de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana / Zamorano, situada en el Valle del Yegüare, departamento de Francisco Morazán, a 800 msnm, con una temperatura y precipitación promedio anual de 23°C y 1200 mm, respectivamente. La fase de campo se realizó en la localidad de El Overo, municipio de Morocelí, departamento de El Paraíso, situada a 900 msnm, con una temperatura promedio anual de 21°C y una precipitación promedio de 800 mm al año.

#### 3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

En la primera fase del estudio el material experimental evaluado fueron cuatro genotipos de frijol: “Tío Canela-75”, “Milenio”, “Desarrural” y “Catrachita”. En la segunda sólo se emplearon las variedades Tío Canela-75 y Milenio.

Los genotipos fueron inoculados con una mezcla de cepas de micorriza vesículo-arbuscular de los géneros *Glomus*, *Acaulospora* y *Entrophospora*, mediante de la aplicación del biofertilizante MYCORAL®.

#### 3.3 METODOLOGÍA

##### 3.3.1 Fase de Invernadero

##### 3.3.1.1 Tratamientos

Se evaluaron cuatro variedades de frijol (Tío Canela-75, Milenio, Desarrural y Catrachita), empleando 20 potes por cada variedad (2 plantas/pote), 10 con micorriza y 10 sin micorriza. La inoculación con MVA se efectuó al momento de la siembra aplicando 20 g de MYCORAL® por pote.

La combinación de variedades con y sin aplicación de MYCORAL®, dio como resultado ocho tratamientos manejados en un experimento factorial de 4 (variedades) por 2 (con y sin MYCORAL®).

### 3.3.1.2 Medio de crecimiento

El medio de crecimiento estuvo constituido por una mezcla de suelo y arena (1:1) para procurar una buena estructura, retención de humedad y drenaje, permitiendo un mejor desarrollo de las raíces. Ambos componentes tuvieron niveles bajos de fósforo (Anexo 1) para evitar los efectos adversos reportados por altas concentraciones de este elemento. Se emplearon potes de 7 por 5" conteniendo 2 kg de medio de crecimiento.

### 3.3.1.3 Diseño experimental

Se usó un diseño experimental de Parcelas Divididas en Bloques Completos al Azar con 10 repeticiones, donde las parcelas principales fueron los potes con y sin micorriza, y las subparcelas los genotipos de frijol (Anexo 2).

### 3.3.1.4 Variables evaluadas

En la etapa de floración (R6) se cosecharon ocho potes por genotipo, cuatro con y cuatro sin inoculación con MVA, y se midieron las siguientes variables:

- Número de esporas (/ml/100 g de suelo)
- Infección de las raíces (%)
- Peso seco de la biomasa aérea (g/pl)

Para medir las dos primeras variables se utilizaron los métodos de aislamiento de esporas y de clarificación y tinción de raíces de Jarstfer (1970ab).

A la madurez de fisiológica (R9), se cosecharon los 12 potes restantes de cada genotipo para determinar las siguientes variables:

- Peso seco de la biomasa aérea (g/pl)
- Número de vainas por planta
- Número de semillas por vaina
- Peso seco de 10 semillas (g)
- Rendimiento (g/pl)

### 3.3.1.5 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza para determinar las diferencias entre los tratamientos y prueba de separación de medias (LSD y LMS). Adicionalmente, se efectuó un análisis de correlación para evaluar la relación entre las variables de efectividad del hongo (número de esporas e infección de raíces) y la respuesta en la planta (biomasa, rendimiento y sus componentes). Se utilizó el programa "Statistical Analysis System" (SAS 6.12).

### 3.3.2 Fase de Campo

#### 3.3.2.1 Caracterización del terreno

Según el análisis de suelo, el terreno presentó un bajo contenido de fósforo (Anexo 3), lo que fue ventajoso para la realización del estudio ya que se requería de un suelo con esta característica para que la simbiosis micorrízica pudiera desarrollarse con mayor efectividad.

Al igual que en la mayoría de las zonas productoras de frijol del país, El Overo presenta un patrón de lluvias bimodal distribuidas en dos épocas, la de primera (mayo-agosto) y la de postrera (septiembre-noviembre). El ensayo se condujo en la época de primera.

#### 3.3.2.2 Tratamientos

Se utilizó las variedades Tío Canela-75 y Milenio, ambas resistentes al mosaico común (VMCF) y al mosaico dorado amarillo (VMDAF), tolerantes a sequía y con buen potencial de rendimiento de grano bajo las condiciones de producción de Centroamérica. Ambos genotipos fueron sometidos a dos niveles de fertilización inorgánica, con y sin aplicación de inoculante micorrízico. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Tío Canela-75 y fertilización del agricultor sin MVA
2. Milenio y fertilización del agricultor sin MVA
3. Tío Canela-75 y fertilización recomendada sin MVA
4. Milenio y fertilización recomendada sin MVA
5. Tío Canela-75 y fertilización del agricultor con MVA
6. Milenio y fertilización del agricultor con MVA
7. Tío Canela-75 y fertilización recomendada con MVA
8. Milenio y fertilización recomendada con MVA

Para la biofertilización se utilizó una dosis de 100 g de MYCORAL<sup>®</sup> por metro lineal, aplicados antes de colocar la semilla en el surco y después de la aplicación de fertilizante inorgánico.

La fertilización inorgánica se basó en dos alternativas. La primera correspondió al nivel de fertilizante promedio empleado por los agricultores de la zona, denominada fertilización del agricultor (FA); y la segunda, basada en los requerimientos del cultivo y ajustada a la realidad socioeconómica del agricultor, llamada fertilización recomendada (FR). Para la FA se aplicó a la siembra una dosis de 65 kg/ha de 12-24-12 y para la fertilización recomendada 130 kg/ha del mismo producto. Ambas aplicaciones se realizaron antes de depositar el MYCORAL<sup>®</sup> y la semilla en el surco.

#### 3.3.2.3 Características de la parcela

Cada parcela contó con un área de 32 m<sup>2</sup> (8 m x 4 m), compuesta por 8 surcos de 8 m de largo y 0.5 m entre surcos. Por cada surco se estableció una hilera de cultivo con una distancia de 10 cm entre plantas, para una densidad de 200,000 pl/ha.

### **3.3.2.4 Siembra participativa**

Al momento de la siembra fue importante la presencia de los agricultores para ver todo el proceso, principalmente la forma y dosis en la que se aplicó el biofertilizante. La siembra se realizó el 21 de junio de 2001, aprovechando las últimas lluvias de la temporada de primera.

### **3.3.2.5 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de Parcelas Dividas en Bloques Completos al Azar, en donde las parcelas principales fueron los lotes con y sin micorriza, y las subparcelas los genotipos en combinación con los diferentes tipos de fertilización inorgánica (Anexo 4). El ensayo constó de cuatro repeticiones.

### **3.3.2.6 Variables evaluadas**

En la etapa R6, se realizó un muestreo para evaluar las siguientes variables:

- Número de esporas (/ml/100 g de suelo)
- Infección de las raíces (%)
- Peso seco de la biomasa aérea (g/pl)

Para la variable peso seco de la biomasa aérea, se muestreó cuatro plantas por parcela de los surcos centrales dejando, 2 m para evitar el efecto de borde. Para medir la infección de las raíces y el número de esporas, se recolectó una muestra compuesta de suelo extraída de donde se obtuvieron las plantas.

En la etapa de llenado de vainas (R8), se realizó una evaluación participativa con agricultores de la comunidad para medir la carga reproductiva del cultivo. La evaluación se realizó con base en la experiencia de los agricultores, usando una tabla de evaluación cualitativa (Anexo 5).

En la etapa R9 se evaluó el rendimiento de grano. Para ello, la zona de muestreo incluyó 5 m de los cuatro surcos centrales de cada parcela, dejando una distancia de 1.5 m de ambas calles para evitar el efecto de borde y contabilizando el número de plantas cosechadas por parcela. Una vez secado el grano, se tomaron los datos de humedad de las muestras para ajustar el rendimiento final a una humedad de grano de 14 %. La cosecha se efectuó el 8 de septiembre de 2001.

### **3.3.2.7 Análisis estadístico**

El análisis de los datos se ejecutó con el programa “Statistical Analysis System” (SAS 6.12). Se realizaron análisis de varianza, separaciones de medias (LSD y LMS) y análisis de correlación entre las variables de efectividad del hongo (número de esporas e infección de raíces) con el desarrollo vegetativo y el rendimiento de grano.

### **3.3.2.8 Análisis económico**

Usando la metodología del CIMMYT (1998), se realizó un análisis económico de la Tasa de Retorno Marginal para los tratamientos evaluados. Los costos de los insumos fueron estimados con base en el precio que pagarían en El Overo, y la mano de obra fue el promedio de la región. Los beneficios se calcularon según el precio de venta de frijol en la región durante la cosecha, ajustados a una tasa de cambio en dólares de \$ 1 = Lps. 15.50.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 FASE INVERNADERO**

#### **4.1.1 Evaluación de variables agronómicas**

La inoculación con micorriza afectó el comportamiento de los genotipos en todas las variables, exceptuando el PSBA en la etapa de madurez fisiológica (Cuadro 1). A la floración, el NE y la IR de las plantas micorrizadas fueron superiores que en las plantas no inoculadas, sugiriendo que la inoculación fue efectiva. El mayor vigor vegetativo (PSBA) de las plantas micorrizadas, permitió alcanzar rendimientos superiores; los mayores valores de los componentes explicaron el mayor rendimiento de estas plantas. Aunque el NE a la floración fue mayor en algunos genotipos, no se presentaron diferencias significativas en la IR ni en el PSBA. Por otro lado, se observaron respuestas diferenciales en el rendimiento y sus componentes entre los genotipos incluidos en el estudio. Los efectos de la interacción micorriza x genotipo en el NVP y el rendimiento explican mejor el hecho de que algunas variedades como Tío Canela-75 y Milenio son más eficientes bajo condiciones de inoculación con MVA.

#### **4.1.2 Análisis de correlación**

Las correlaciones entre las variables representativas de la efectividad del hongo y de la respuesta de la planta resultaron significativas, a excepción de la correlación entre el NE y el PSBA en la madurez fisiológica (Cuadro 2). A la floración, la variación en el PSBA se explica en más del 60 y 50% por la IR y el NE, respectivamente. Las variaciones en el NVP, NSV, PSDS y el rendimiento fueron debidas en más del 60% a la IR, y en menor grado al NE. Aún así, el 39% de las variaciones en el rendimiento son explicadas por la cantidad de esporas presentes en el suelo.

**Cuadro 1.** Número de esporas (NE), infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA), número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de 10 semillas (PSDS) y rendimiento (RDTO) de cuatro genotipos de frijol inoculados con micorriza vesículo-arbuscular en invernadero. Zamorano, Honduras, 2001.

FACTOR	Floración			Madurez fisiológica				
	NE (/ml /100 g suelo)	IR (%)	PSBA (g/pl)	PSBA (g/pl)	NVP	NSV	PSDS (g)	RDTO (g/pl)
<b>Micorriza (M)</b>								
Con micorriza (M+)	21.8	42.5	3.1	7.2	4.5	4.3	2.6	4.8
Sin micorriza (M-)	8.6	16.5	2.2	6.7	3.7	3.8	2.4	3.3
ANDEVA	**	**	**	ns	**	**	*	**
<b>Genotipo (G)</b>								
Catrachita	11.1 c	29.4	2.6	7.2 a	4.2 b	3.5 b	2.7 a	3.7 bc
Desarrural	12.1 bc	27.2	2.4	6.0 b	3.4 c	4.2 a	2.5 b	3.5 c
Milenio	18.2 ab	30.8	2.8	7.2 a	4.1 b	4.4 a	2.4 c	4.2 b
Tío Canela-75	19.2 a	30.7	2.8	7.6 a	4.9 a	4.2 a	2.4 c	4.9 a
ANDEVA	*	ns	ns	**	**	**	**	**
<b>M x G</b>								
M+ x Catrachita	15.0 b	41.5 a	3.1 a	7.4	4.8 a	3.5	2.8	4.4 c
M+ x Desarrural	16.5 b	43.7 a	2.8 a	6.1	3.5 c	4.5	2.6	4.0 c
M+ x Milenio	27.5 a	41.9 a	3.3 a	7.3	4.5 ab	4.7	2.4	5.1 b
M+ x Tío Canela-75	28.0 a	42.8 a	3.4 a	8.2	5.4 a	4.6	2.4	5.9 a
M- x Catrachita	7.2 b	17.2 b	2.1 b	7.0	3.6 c	3.4	2.6	3.1 d
M- x Desarrural	7.8 b	10.8 bc	2.0 b	5.8	3.2 c	3.8	2.5	3.0 d
M- x Milenio	9.0 b	19.7 b	2.4 ab	7.0	3.7 bc	4.2	2.3	3.3 cd
M- x Tío Canela-75	10.5 b	18.5 c	2.3 ab	7.1	4.4 ab	3.9	2.3	3.8 c
ANDEVA	*	*	*	ns	**	ns	ns	**
CV (%)	41.8	20.4	26.9	21.1	27.0	17.1	10.5	21.2
R <sup>2</sup>	0.75	0.90	0.50	0.40	0.50	0.55	0.50	0.68

\*, \*\* y <sup>ns</sup> Significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo, respectivamente. Valores con letra diferente en la misma columna difieren entre ellos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Coeficientes de correlación (r) entre la infección de las raíces (IR) y el número de esporas (NE) con el peso seco de la biomasa aérea (PSBA), el número de vainas por planta (NVP), el número de semillas por vaina (NSV), el peso seco de 10 semillas (PSDS) y el rendimiento (RDTO) del cultivo Zamorano, Honduras, 2001.

	R6		R9			
	PSBA	PSBA	NVP	NSV	PSDS	RDTO
<b>IR (r)</b>	0.61	0.35	0.68	0.71	0.65	0.69
Prob.	0.0001	0.0032	0.0001	0.0018	0.0260	0.0035
<b>NE (r)</b>	0.53	0.18	0.23	0.39	0.45	0.36
Prob.	0.0001	0.2014 ns	0.0021	0.0024	0.0001	0.0012

ns = no significativo ( $P \geq 0.05$ )

## **4.2 FASE CAMPO**

### **4.2.1 Evaluación de variables agronómicas**

Todas las variables presentaron una respuesta significativa cuando las plantas fueron inoculadas con micorriza (Cuadro 3). Al aumentar el NE e IR, el PSBA y el rendimiento de las plantas micorrizadas aumentaron en 18 y 13%, respectivamente. Las dosis de fertilización utilizadas por los agricultores y la recomendada no tuvieron efecto sobre la efectividad del inoculante de MVA ni la respuesta de los genotipos sobre el comportamiento de estas variables. Se presentó un PSBA ligeramente mayor en la variedad Milenio. La interacción micorriza x genotipo tuvo efectos sobre el rendimiento, lo que puede ser explicado por las diferencias en IR y PSBA (Cuadro 4). En general, la interacción micorriza x fertilización x genotipo influyó en la IR, PSBA y rendimiento del cultivo (Cuadro 5). La inoculación con MVA reportó los valores más altos en las variables mencionadas, indicando que hubo un efecto favorable en ambas variedades de frijol bajo los manejos de fertilización recomendada y del agricultor. De manera más detallada, los mayores rendimientos fueron observados en los cuatro tratamientos de fertilización y genotipo bajo inoculación con MVA y en el de fertilización recomendada de Milenio sin MVA.

### **4.2.2 Análisis de correlación**

Las variaciones en el PSBA y el rendimiento dependieron en un 58 y 72%, respectivamente, de la capacidad de IR del hongo (Cuadro 6). Por lo tanto, se puede atribuir los aumentos en rendimiento a la infección de las raíces por la micorriza. La cantidad de esporas en el suelo explican el 41% de las diferencias en rendimiento.

### **4.2.3 Evaluación participativa de la carga reproductiva del cultivo**

La evaluación de la carga reproductiva (NVP) en la etapa de llenado de vainas resultó significativa, ya que los resultados generados por la participación de los agricultores indican que las parcelas inoculadas con micorriza presentaron un mayor vigor reproductivo, lo cual se corrobora con los datos de rendimientos obtenidos (Cuadro 7). La valoración de esta variable estuvo entre las categorías excelente, buena y regular (1, 2 y 3), aunque en el análisis estadístico se transformaron los datos de la evaluación de la carga reproductiva mediante la fórmula  $(x + 0.5)^{0.5}$ , por ser valores menores a 10. Los resultados presentan los valores reales.

**Cuadro 3.** Número de esporas (NE), infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) de dos genotipos de frijol inoculados con micorriza vesículo-arbuscular bajo diferentes niveles de fertilización. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

FACTOR	Floración			Madurez fisiológica
	NE (/ml /100 g suelo)	IR (%)	PSBA (g/pl)	RDTO (kg/ha)
<b><u>Micorriza (M)</u></b>				
Con micorriza (M+)	25.0	34.6	18.1	3,041
Sin micorriza (M-)	10.7	11.6	15.4	2,683
ANDEVA	**	**	**	**
<b><u>Fertilización (F)</u></b>				
Agricultor	18.4	23.8	16.9	2,820
Recomendada	17.3	22.3	16.7	2,904
ANDEVA	ns	ns	ns	ns
<b><u>Genotipo (G)</u></b>				
Milenio	17.1	23.6	17.6	2,849
Tío Canela-75	18.6	22.5	16.0	2,875
ANDEVA	ns	ns	*	ns
<b><u>M x F</u></b>				
ANDEVA	ns	ns	ns	ns
<b><u>M x G</u></b>				
ANDEVA	ns	**	*	*
<b><u>F x G</u></b>				
ANDEVA	ns	ns	ns	ns
<b><u>M x F x G</u></b>				
ANDEVA	ns	*	*	*
CV (%)	38.6	12.0	13.7	11.1
R <sup>2</sup>	0.70	0.97	0.50	0.52

\*, \*\* y <sup>ns</sup> Significativo ( $P \leq 0.05$ ), altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) y no significativo, respectivamente.

**Cuadro 4.** Efectos de la interacción micorriza x genotipo en la infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) de genotipos de frijol. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

<b>Genotipo</b>	<b>IR (%)</b>	<b>PSBA (g/pl)</b>	<b>RDTO (kg/ha)</b>
<b>Sin micorriza</b>			
<b>Milenio</b>	11.1 b	16.3 ab	2713 ab
<b>Tío Canela-75</b>	12.0 b	14.6 bc	2654 b
<b>Con micorriza</b>			
<b>Milenio</b>	36.1 a	18.9 a	2985 a
<b>Tío Canela-75</b>	33.1 a	17.4 a	3096 a

Valores con letra diferente en la misma columna difieren entre ellos ( $P \leq 0.05$ )

**Cuadro 5.** Efectos de la interacción micorriza x fertilización x genotipo en la infección de raíces (IR), peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y rendimiento (RDTO) del frijol común. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

<b>Fertilización y genotipo</b>	<b>IR (%)</b>	<b>PSBA (g/pl)</b>	<b>RDTO (kg/ha)</b>
<b>Sin Micorriza</b>			
Fertilización agricultor + Tío Canela-75	13.1 b	14.2 b	2,629 b
Fertilización agricultor + Milenio	11.5 b	15.5 b	2,536 b
Fertilización recomendada + Tío Canela-75	11.0 b	14.9 b	2,678 b
Fertilización recomendada + Milenio	10.6 b	16.9 a	2,891 a
<b>Con Micorriza</b>			
Fertilización agricultor + Tío Canela -75	33.7 a	17.8 a	3,143 a
Fertilización agricultor + Milenio	37.0 a	19.0 a	2,973 a
Fertilización recomendada + Tío Canela -75	32.4 a	16.8 ab	3,049 a
Fertilización recomendada + Milenio	35.2 a	18.7 a	2,998 a

Valores con letra diferente en la misma columna difieren entre ellos ( $P \leq 0.05$ )

**Cuadro 6.** Coeficientes de correlación (r) entre la infección de las raíces (IR) y el número de esporas (NE) con el peso seco de la biomasa aérea (PSBA) y el rendimiento (RDTO) del frijol. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

<b>Micorriza</b>	<b>PSBA</b>	<b>RDTO</b>
<b>PIR (r)</b>	0.58	0.72
Prob.	0.0018	0.0089
<b>NE (r)</b>	0.22	0.41
Prob.	0.2189 ns	0.0179

ns = no significativo ( $P \geq 0.05$ )

**Cuadro 7.** Comparación de la evaluación participativa de la carga reproductiva con el rendimiento de grano a la madurez fisiológica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

<b>Tratamientos</b>	<b>Carga Reproductiva</b>	<b>RDTO (kg/ha)</b>
<b>Sin Micorriza</b>		
Fertilización agricultor + Tío Canela -75	2.16 bc	2,629 b
Fertilización agricultor + Milenio	2.00 b	2,536 b
Fertilización recomendada + Tío Canela -75	1.75 b	2,678 b
Fertilización recomendada + Milenio	1.66 ab	2,891 a
<b>Con Micorriza</b>		
Fertilización agricultor + Tío Canela-75	1.32 a	3,143 a
Fertilización agricultor + Milenio	1.32 a	2,973 a
Fertilización recomendada + Tío Canela -75	1.16 a	3,049 a
Fertilización recomendada + Milenio	1.16 a	2,998 a
ANDEVA	**	*
CV (%)	6.3	11.1
R <sup>2</sup>	0.82	0.52

Valores con letra diferente en la misma columna difieren entre ellos ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.2.4 Análisis económico

##### 4.2.4.1 Costos diferenciales

Para la evaluación económica de la fase de campo, sólo se consideró como costos diferenciales el precio del inoculante, el fertilizante y la mano de obra empleada para inoculación con micorriza (Cuadro 8), ya que el resto del manejo fue similar para todos los tratamientos. El costo del fertilizante (12-24-12) se basó en el precio en la zona, de igual forma para el costo por jornal. Para efectos prácticos, la cantidad de tiempo empleada en aplicar el biofertilizante se basó en el trabajo de una persona.

**Cuadro 8.** Costos diferenciales de la producción frijol utilizando inoculación con micorriza y diferentes niveles de fertilización. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

<b>Costos diferenciales</b>	<b>Costo/unidad</b>		<b>Cantidad</b>		<b>Valor</b>
	<b>(\$/kg)</b>	<b>(\$/hr)</b>	<b>(kg/ha)</b>	<b>(hr/ha)</b>	<b>(\$/ha)</b>
<b>Inoculante</b>	2.58		2000.0		5160.00
<b>Fertilización del agricultor</b>	0.23		65.0		14.95
<b>Fertilización recomendada</b>	0.23		130.0		29.90
<b>Mano de obra (micorriza)</b>		0.32		7.0	2.24

#### 4.2.4.2 Análisis de dominancia

El análisis de dominancia descartó cinco tratamientos debido a sus bajos beneficios netos (Cuadro 9). A pesar de que los tratamientos con micorriza presentaron los mayores rendimientos, el costo del inoculante y la cantidad requerida hizo que el uso de micorrizas no sea rentable bajo la formulación y aplicación actualmente recomendada. Es indispensable enfatizar que estos costos deben ser cargados a posteriores siembras, con el propósito de distribuir los costos de esta tecnología. Si el alto costo persiste después de este análisis, será necesario buscar alternativas para reducir el costo del inoculante o la cantidad de inóculo empleada.

**Cuadro 9.** Análisis de dominancia del rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica y micorrizas. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

Tratamientos	RDTO (kg/ha)	Beneficios brutos	Costos diferenciales				Beneficios netos
			M	F	MO	Total	
(\$/ha)							
<b>Sin Micorriza</b>							
FA + Tío Canela-75	2,629	1,682.6	0	14.95	0	14.95	1,667.6
FA + Milenio	2,536	1,622.8	0	14.95	0	14.95	1,607.8 D
FR + Tío Canela-75	2,678	1,713.9	0	29.90	0	29.90	1,684.0
FR + Milenio	2,891	1,850.0	0	29.90	0	29.90	1,820.1
<b>Con Micorriza</b>							
FA + Tío Canela-75	3,143	2,011.5	5160	14.95	2.24	5,177.19	-3,165.7 D
FA + Milenio	2,973	1,902.8	5160	14.95	2.24	5,177.19	-3,274.4 D
FR + Tío Canela-75	3,049	1,951.0	5160	29.90	2.24	5,192.14	-3,241.1 D
FR + Milenio	2,998	1,918.5	5160	29.90	2.24	5,192.14	-3,273.6 D

FA: Fertilización agricultor; FR: Fertilización recomendada; D: Dominado

#### 4.2.4.3 Análisis marginal absoluto

La tasa de retorno marginal (TRM) que se obtendría al cambiar de la fertilización del agricultor a la recomendada con la variedad Tío Canela-75, sería de 110% (Cuadro 10). Esto indica al agricultor que por cada dólar que invierta al pasar de su fertilización a la recomendada, recibirá un retorno neto (después de pagado los costos) del dólar invertido más \$ 1.10 adicionales. Por otra parte, al cambiar la variedad Tío Canela-75 por Milenio usando la fertilización recomendada, el retorno por cada dólar invertido será infinito en proporción al rendimiento diferencial obtenido, debido a que el cambio de genotipo no implica aumento alguno en los costos pero si en los beneficios netos.

**Cuadro 10.** Análisis marginal absoluto sobre el rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

Tratamientos	Costos		Beneficios		TRM (%)
	diferenciales	marginales	netos	netos marginales	
	(\$/ha)				
FA + Tío Canela-75	14.95		1,667.6		
FR + Tío Canela-75	29.90	14.95	1,684.0	16.40	110
FR + Milenio	29.90	0	1,820.1	136.10	$\infty$

TRM: Tasa de Retorno Marginal

#### 4.2.4.4 Análisis marginal relativo

Para corroborar el retorno infinito del análisis anterior, se comprobó que al cambiar la variedad Tío Canela-75 con fertilización del agricultor a la variedad Milenio con fertilización recomendada, el retorno neto por cada dólar invertido será de \$ 1 más \$ 10.2 adicionales (Cuadro 10).

**Cuadro 11.** Análisis marginal relativo sobre el rendimiento de Tío Canela-75 y Milenio usando fertilización inorgánica. El Overo, El Paraíso, Honduras, 2001.

Tratamientos	Costos		Beneficios		TRM (%)
	diferenciales	marginales	netos	netos marginales	
	(\$/ha)				
FA + Tío Canela-75	14.95		1,667.6		
FR + Milenio	29.90	114.95	1,820.1	152.50	1,020

## 5. CONCLUSIONES

- En la fase de invernadero, la infección de las raíces de los genotipos por la inoculación con MVA fue uniforme. A pesar de esto, Tío Canela-75 y Milenio fueron las variedades que expresaron los mayores rendimientos.
- En el campo, las plantas micorrizadas presentaron una infección uniforme que incrementó el peso seco de la biomasa aérea y el rendimiento de grano en comparación a las no micorrizadas. El uso de diferentes dosis de fertilizante no tuvo un efecto significativo sobre la respuesta de Tío Canela-75 y Milenio a la inoculación con MVA.
- Se validó la tecnología de la inoculación con MVA en fincas de agricultores, mediante evaluaciones participativas realizadas sobre sus efectos en la productividad del cultivo. Los resultados de esta evaluación fueron confirmados con los rendimientos obtenidos a la madurez fisiológica.
- A pesar de los beneficios de la micorriza observados por los agricultores (incrementó el rendimiento), la inoculación con MYCORAL<sup>®</sup> no fue una tecnología económicamente factible de aplicación o adopción. Para que fuera rentable, los costos totales de esta tecnología deberían ser cargados entre varias siembras posteriores.

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los agricultores de la zona utilizar las variedades Tío Canela-75 y Milenio para la producción de frijol.
- En suelos donde el contenido de fósforo es bajo, se recomienda aplicar 1 qq/mz de 12-24-12 para la producción de frijol con MVA.
- Para agilizar el proceso de validación, aceptación y adopción, se sugiere demostrar el efecto de la inoculación con MVA en el desarrollo y productividad del cultivo sin la aplicación de fertilizantes, y compararlos con la dosis del agricultor.
- Validar esta tecnología en áreas más grandes y con tratamientos más sencillos para que los resultados se puedan observar con mayor confianza.
- Evaluar el establecimiento de la micorriza vesículo-arbuscular en el suelo y considerar la distribución de los costos totales de la inoculación entre varias siembras.
- Evaluar alternativas de producción de inoculante a nivel local para abaratar la tecnología y dar acceso a su utilización por los agricultores de pequeña escala en cultivos como el frijol.
- Evaluar técnicas de inoculación de semilla con micorriza vesículo-arbuscular, como una forma de reducir significativamente la dosis requerida y abaratar los costos de producción.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Anguiano, R. G. L.; Ocampo, J. O.; Acosta, J.; Olalde-Portugal, V. 2000. Evaluación de diferentes materiales de frijol a la colonización micorrízica y fertilización fosforada. Reunión Iberoamericana y III Simposio Nacional sobre Simbiosis Micorrízica. Guanajuato, México. p. 50.

Arrieta, B. E. 1999. Efecto de la inoculación de micorrizas vesículo-arbusculares (M.V.A.) sobre la respuesta a la fertilización química (10-30-10) en el cultivo de la papa (en línea). Colombia. Consultado 4 de agosto de 2001. Disponible en <http://www.unal.edu.co/un/agronomia/Old-pag/Esp/busqueda/FP32.htm>

Azcón-Aguilar, C.; Bago, B. 1996. Physiological characteristics of the host plant promoting an undisturbed functioning of the mycorrhizal symbiosis. *In: Impact of Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems.* Ed. S. Gianinazzi., H. Schuepp. Berlín, Alemania. Birkhauser Verlag. p. 47-57.

Barrera, L.; Nava, R.; Barrera, A. 1999. Biodiversidad de micorrizas y *Bradyrhizobium* asociados a *Arachis hipogea* y la sustentabilidad de suelos agrícolas (en línea). Morelos, México. Consultado 4 de agosto de 2001. Disponible en <http://www.semarnap.gob.mx/ssrn/risde/3raecl2.html>

Bravo Yañez, M. A. 1999. Incremento de la productividad y rentabilidad del frijol mediante investigación participativa en el municipio de El Rosario, Olancho. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 61 p.

Chacón, A. M. 1991. Promoción del crecimiento de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en fase de vivero por inoculación con el hongo de la micorriza del tipo vesículo-arbuscular (MVA) (en línea). Maracaibo, Venezuela. Consultado 4 de agosto de 2001. Disponible en [http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagroluz/v09\\_23/0923z062.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagroluz/v09_23/0923z062.html)

CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. México, DF., México. CIMMYT. 79 p.

Díaz-Franco, A.; González-Cu, G.; Aguirre-Medina, J. F. 2000. Rendimiento de maíz y frijol mediante el uso de biofertilizantes. Reunión Iberoamericana y III Simposio Nacional sobre Simbiosis. Guanajuato, México. p. 7.

Hernández, A. 2000. Las micorrizas (en línea). Cataluña, España. Consultado 15 de marzo 2001. Disponible en [www.terraia.com](http://www.terraia.com)

Izquierdo, J.; White, J. 1989. Frijol: Fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Santiago, Chile. CIAT. 91 p.

Jarstfer, A. G. 1970a. Método para aislamiento de esporas. University of Florida, Soil Science Department, 2171 McCarty Hall, Gainesville, FL 32611-0151 USA.

Jarstfer, A. G. 1970b. Método para clarificar y teñir muestras de raíces. University of Florida, Soil Science Department, 2171 McCarty Hall, Gainesville, FL 32611-0151 USA.

Linderman, R. G. 1994. Role of the VAM fungi in biocontrol. *In: Mycorrhizae and Plant Health*. Ed. F. L. Pflieger, R. G. Linderman. Minnesota, USA. The American Phytopathological Society. p. 1-17.

Linderman, R. G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. *In: Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. Ed. G. J. Bethlenfalvay, R. G. Linderman. Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy. p. 45-64.

López, M.; Fernández, F.; van Schoonhoven, A. 1985, Frijol: Investigación y producción. Colombia. CIAT. 417 p.

Olalde, P. V.; Salas, G. M. E.; Gómez, L. M. A.; Paredes, L. O.; Pimienta, B. E.; Davies, Jr. F.; González, C. J. 2000. Efecto de la colonización por hongos micorrízicos en el desarrollo reproductivo y la calidad del fruto de jitomate (en línea). México. Consultado 4 de agosto 2001. Disponible en [http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/ciencias\\_biologicas\\_aplicadas/Archivos/26355B.htm](http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/ciencias_biologicas_aplicadas/Archivos/26355B.htm)

Pedersen, C. T.; Sylvia, D. M. 1996. Mycorrhiza: ecological implications of plant interactions. *In: Concepts in Mycorrhizal Research*. Ed. K. G. Mukerji. Holanda. Kluwer Academic Publishers. p. 195-212.

Raman, N.; Mahadevan, A. 1996. Mycorrhizal research – a priority in agriculture. *In: Concepts in Mycorrhizal Research*. Ed. K. G. Mukerji, Holanda. Kluwer Academic Publishers. p. 41-61.

Rosas, J. C. 1998. El cultivo del frijol común en América Tropical. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 52 p.

Rosemeyer, M. E. 1994. Producción, nodulación y micorrización de frijol, bajo los sistemas de tapado y espequeado con fertilización. *In: Los Sistemas de Siembra con Cobertura*. Ed. H. D. Thurston. Costa Rica. p. 179-187.

Safir, G. R. 1990. Micorrizas arbusculo-vesicular y la productividad agrícola. *In: Biología de la productividad de los cultivos*. Ed. P. S. Carlson. D.F., México. AGT Editor. p. 201-216.

Salamanca, C. R. 1999. Las micorrizas como estrategia de mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el Guaviare (en línea). Colombia. Consultado 6 de agosto 2001. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/html/planes/eventos/micorrizas.htm>

Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1998. El cultivo del frijol. Guía para el manejo del cultivo del frijol, Tegucigalpa, Honduras. Ediciones Zas. 39 p.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Alemania. GTZ. 371 p.

Srivastava, D.; Kapoor, R.; Srivastava, S. K.; Mujerki, K. G. 1996. Vesicular arbuscular mycorrhiza – an overview. *In: Concepts in Mycorrhizal Research*. Ed. K. G. Mukerji, Holanda. Kluwer Academic Publishers. p. 1-24.

Viana, A. 1998. Flujo de germoplasma e impacto del PROFRIJOL en Centroamérica-período 1987-1996. Profrijol. Guatemala. 48 p.

Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia. CIAT. 195 p.



**Anexo 2.** Diagrama de la distribución de los tratamientos en la Fase de Invernadero

FASE INVERNADERO			
Tratamientos sin micorriza			
4	4	3	3
2	2	1	1
3	3	4	4
1	1	2	2
4	4	3	3
2	2	1	1
3	3	4	4
1	1	2	2
4	4	3	3
2	2	1	1

FASE INVERNADERO			
Tratamientos con micorriza			
5	5	6	6
7	7	8	8
6	6	5	5
8	8	7	7
5	5	6	6
7	7	8	8
6	6	5	5
8	8	7	7
5	5	6	6
7	7	8	8

TRATAMIENTOS

1. Desarrural sin MVA
2. Catrachita sin MVA
3. Milenio sin MVA
4. Tío Canela-75 sin MVA
5. Desarrural con MVA
6. Catrachita con MVA
7. Milenio con MVA
8. Tío Canela-75 con MVA



**Anexo 4.** Diagrama de la distribución de los tratamientos de la Fase de Campo

	<b>Sin Micorriza</b>	<b>Con Micorriza</b>								
<b>R I</b>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> </tr> </table>	1	2	3	4	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </table>	5	6	7	8
1	2									
3	4									
5	6									
7	8									
<b>R II</b>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> </tr> </table>	2	3	4	1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>7</td> </tr> </table>	6	8	5	7
2	3									
4	1									
6	8									
5	7									
<b>R III</b>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>	4	1	2	3	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>5</td> </tr> </table>	8	7	6	5
4	1									
2	3									
8	7									
6	5									
<b>R IV</b>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>	3	4	1	2	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>6</td> </tr> </table>	7	5	8	6
3	4									
1	2									
7	5									
8	6									

**TRATAMIENTOS:**

1. TC-75 y fertilización del agricultor sin MVA
2. Milenio y fertilización del agricultor sin MVA
3. TC-75 y fertilización recomendada sin MVA
4. Milenio y fertilización recomendada sin MVA
5. TC- 75 y fertilización del agricultor con MVA
6. Milenio y fertilización del agricultor con MVA
7. TC-75 y fertilización recomendada con MVA
8. Milenio y fertilización recomendada con MVA

**Anexo 5.** Formato para la evaluación cualitativa participativa de la carga reproductiva del frijol

**Responsable** : Gonzalo Montaña

**Localidad** : El Overo, El Paraíso, Honduras

**Actividad** : Evaluación participativa de la carga reproductiva

**Fecha** : 31-08-01

Parcela	101	102	103	104	105	106	107	108	201	202	203	204	205	206	207	208
<b>Agricultor</b>																
<b>1</b>																
<b>2</b>																
<b>3</b>																
<b>4</b>																
<b>5</b>																
<b>6</b>																
<b>7</b>																
<b>8</b>																
<b>9</b>																
<b>10</b>																

Parcela	301	302	303	304	305	306	307	308	401	402	403	404	405	406	407	408
<b>Agricultor</b>																
<b>1</b>																
<b>2</b>																
<b>3</b>																
<b>4</b>																
<b>5</b>																
<b>6</b>																
<b>7</b>																
<b>8</b>																
<b>9</b>																
<b>10</b>																

ESCALA:

1. Excelente
2. Buena
3. Intermedia
4. Pobre
5. Muy pobre