



UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS

Departamento de Nutrición y Biofertilización.

**EFEECTO DEL MANEJO DE LAS ASOCIACIONES
MICORRÍZICAS ARBUSCULARES SOBRE LA PRODUCCIÓN
DE POSTURAS DE CAFETO (*C. arabica* L.)**

**Tesis presentada en opción al grado científico de
Doctor en Ciencias Agrícolas**

**Autor: Lic. Félix Fernández Martín
Tutor: Dr. C. Ramón A. Rivera Espinosa**

**La Habana
1999**

SINTESIS

Este trabajo, se realizó con el objetivo de estudiar el efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) sobre la producción de posturas de café en diferentes suelos (Alíticos, Fersialíticos Pardo Rojizo y Pardos), su dependencia con la relación suelo: abono orgánico y la coinoculación con bacterias rizosféricas; así como establecer las bases para un manejo adecuado de las HMA en la producción de posturas de café. Para cumplimentar los objetivos, se ejecutaron 10 experimentos de vivero en las condiciones del Escambray y III Frente Oriental, con diseño experimental completamente aleatorizado bajo arreglo factorial, donde se evaluaron diferentes variables morfológicas, fúngicas y nutricionales y se realizó la correspondiente valoración económica. Los experimentos permitieron definir que la inoculación con HMA resultó muy provechosa, lográndose incrementos en el área foliar entre 10 y 257% con relación a las plantas no inoculadas y alcanzándose los mayores efectos en los suelos menos fértiles. La eficiencia micorrízica de las cepas inoculadas estuvo definida por la fertilidad del suelo y la relación suelo: humus de lombriz empleada, de manera que a medida que aumentó la fertilidad del suelo, ésta se logró con las menores cantidades de abono orgánico y viceversa, también estuvo muy relacionada con las variables fúngicas, estableciéndose una relación directa y significativa con el área foliar de las posturas ($R^2: 0.98^{***}$), lo cual permitió establecer los valores adecuados de funcionamiento fúngico expresado como Endófito Arbuscular (EA) e indicativos de una alta eficiencia de la micorrización. De forma general el EA dependió inversamente de la fertilidad del suelo, de forma tal que en los suelos Alíticos de baja fertilidad los valores asociados con los mayores efectos agrobiológicos de los HMA (35 mg/g suelo) fueron superiores a los encontrados en los suelos Fersialíticos Pardo Rojizo y Pardos de media y alta fertilidad (20-22 mg/g suelo). La inoculación con cepas eficientes en

las relaciones suelo: abono orgánico más adecuadas por tipo de suelo incremento significativamente los contenidos nutricionales, oscilando desde 10% hasta 150%. Los HMA con mejor respuesta por tipo de suelo fueron: Alíticos y Fersialíticos Pardo- Rojizo, *Glomus clarum* y *Glomus sp*¹; Pardos, *Glomus fasciculatum*. La aplicación simple de *Azotobacter chroococcum* de forma general produjo efectos positivos no obstante en todos los casos con un comportamiento inferior a las aplicaciones simples de HMA. La coinoculación de *Azotobacter chroococcum* y HMA sólo fue efectiva en suelos Pardos de alta fertilidad donde potenció el efecto de las aplicaciones simples de HMA. La inoculación con cepas eficientes de HMA provocó además incrementos de uno o dos pares de hojas con respecto a los testigos, lo cual representó un adelanto entre 25 y 50 días en la producción de posturas y ahorros (por cada 100 000 plantas) que oscilan entre 429.22 y 2038.92 pesos, de acuerdo al tipo de suelo y a la relación suelo: abono orgánico empleada. A partir de estos resultados se propuso una tecnología “orgánica” de producción de posturas de cafeto.

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más importantes del mundo, de ahí que constituya una fuente sustancial de empleo y de divisas para numerosas naciones de África, Asia y América Latina, existiendo en la actualidad más de 50 países que lo cultivan (Alvarez, 1991).

En los últimos veinte años en los principales países productores de café, se han venido desarrollando tecnologías para la producción intensiva del café, teniendo como elemento primordial las altas densidades de plantación.

En Cuba se practica dicha tecnología, lo que implica la necesidad de producir una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie en los viveros, para satisfacer las necesidades de siembra.

Para llegar a una caficultura realmente intensiva se deben establecer las plantaciones con una calidad óptima, cuestión que debe garantizarse a partir de una buena producción de posturas en el vivero, pues en definitiva, éstas serán las responsables en el futuro de una mayor o menor producción. (Guerra, 1974).

Durante los últimos diez años en Cuba, se han estado produciendo alrededor de 50-60 millones de posturas de café anualmente y teniendo en cuenta lo intensivo del trabajo en esta fase del cultivo, es necesario investigar nuevas alternativas que permitan disminuir insumos como abono orgánicos, fertilizantes y agua sin afectar la calidad de las posturas de café e inclusive mejorarla.

Una de estas alternativas son los microorganismos del suelo, que puede intervenir en la nutrición de las plantas de manera directa e indirecta. El empleo de éstos, no sólo es una necesidad en la producción agrícola cubana en estos momentos, sino también en la agricultura científica del futuro, ecológicamente balanceada y económicamente factible (Altieri, 1997).

Las asociaciones micorrízicas, formadas a partir de la unión de hongos del suelo y las raíces de las plantas, están consideradas según Herrera et al. (1988) y Barea et al. (1991), simbioses universales, debido a que están presentes de manera natural aproximadamente en el 85 % de las especies vegetales con interés agronómico. Éstas presentan una alta especificidad con el sustrato o suelo en donde se desarrollan y a su vez le confieren a la planta ventajas como: una mayor capacidad de absorción radical, notable aumento en la toma de nutrientes (N, P, Cu, Zn, B, Mo, Fe y en especial el ión fosfato), aumento de la resistencia al estrés hídrico y protección contra nemátodos y enfermedades en general (Marschner y Dell, 1994).

El café es un cultivo que de forma natural acepta la simbiosis con los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), necesitando de éstos para su establecimiento, por lo que es considerado según Sieverding (1991) un cultivo micótrofo obligatorio.

En los cultivos que inicialmente se propagan en viveros, es la fase adecuada para la inoculación con los hongos micorrizógenos, donde se combinan cantidades bajas del inoculante, cepas eficientes y altamente competitivas con una tecnología exitosa y sencilla. (Sieverding, 1991)

Sin embargo, en Cuba no se ha obtenido información experimental acerca de la micorrización de posturas de café, siendo en este sentido, Brasil el país que mayor información técnica posee al respecto (Antunes et al. 1988; Saggin-Junior et al. 1992; Saggin-Junior et al. 1994; Siqueira et al. 1987), donde se han encontrado respuestas positivas a la inoculación con hongos micorrizógenos, obteniéndose posturas más vigorosas, con mayor supervivencia en la fase de establecimiento de la plantación e incluso hay evidencia experimental de que se ha mantenido el efecto positivo sobre el rendimiento de café en las primeras cosechas de la plantación. (Siqueira et al. , 1993).

Por otra parte, Fitter y Garbaye (1994), discuten el positivo efecto de las relaciones mutualistas entre los HMA y las rizobacterias en la zona rizosférica y la propia hifosfera sobre el desarrollo de las plantas, lo cual conduce a reflexiones acerca del empleo de la coinoculación y de hecho la inclusión de estos microorganismos dentro del manejo de las asociaciones micorrízicas, que si bien se han estudiado en las leguminosas a partir de las aplicaciones conjuntas de *Bradyrhizobium*-HMA (Marschner y Dell, 1994; Pacovsky et al. , 1986(a)) y de algunos trabajos en Poaceas (Medina, 1994), en el caso específico del cafeto, esta respuesta aún se desconoce.

Tomando en consideración la efectividad de los HMA en función de la fertilidad de los suelos (Siqueira y Franco, 1988), de algunos aislamientos de cepas de HMA en zonas cafetaleras (Furrazola et al. , 1990) y los antecedentes expuestos, se estableció la siguiente hipótesis de trabajo: “Demostrar en condiciones edáficas representativas de la producción de posturas de cafeto, que el manejo eficiente de las asociaciones micorrízicas sobre la nutrición y crecimiento del cafeto basado en: La inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares por tipo de suelo, la riqueza del sustrato y el empleo de rizobacterias estimuladoras de crecimiento vegetal y solubilizadoras de fósforo, permitirá obtener plantas más vigorosas en ausencia de fertilización química. Estableciéndose a partir de ésta los siguientes objetivos:

1. Definir el efecto de la inoculación con cepas de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas de cafeto en algunos de los principales tipos de suelos que se utilizan para esta fase, así como su dependencia con la relación suelo: abono orgánico y la coinoculación con bacterias rizosféricas.
2. Estudiar el funcionamiento de la asociación micorrízica en las posturas de cafeto a través de diferentes parámetros fúngicos el crecimiento e índices foliares de las plantas y su dependencia con los distintos factores estudiados.

3. Establecer una tecnología eficiente de producción de posturas de cafeto basada en el manejo de la inoculación micorrízica.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Aspectos generales de las micorrizas.

El vocablo Micorriza según Plenchette (1982), lo utilizó por vez primera el botánico de origen alemán Albert Bernard Frank en 1881 para designar “la asociación de hifas a los órganos subterráneos de las plantas superiores”. Etimológicamente, la palabra se formó del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz).

De manera general, la distribución geográfica de las asociaciones micorrízicas es muy amplia, encontrándose desde los polos hasta los trópicos (Mosse, 1973; Perry et al. , 1990). No puede sorprender entonces hallar especies vegetales formando este tipo de asociación en la mayoría de los ecosistemas terrestres, siendo quizás las excepciones algunas plantas de zonas pantanosas y acuáticas (Solaiman e Hirata, 1995).

Esta asociación da lugar a un nuevo órgano que tiene morfología y fisiología propia y que autores como Letacon y Obaton (1983); Dommerges y Mangenot (1970); Strullu (1991) y Allen (1992) llamaron hongo-raíz.

Aunque la micorrización aporte un beneficio mutuo para ambos organismos, hay que tener en cuenta el punto de vista aportado por Dommerges y Mangenot (1970); Palma et al. (1993) que la asociación micorrízica en un sentido mucho más estricto, resulta la unión íntima entre huésped y hospedero, donde intervienen factores como la virulencia del hospedero y la reacción de defensa del macrosimbionte, mucho menos severo y de carácter temporal con relación a los microorganismos patógenos típicos.

A las asociaciones micorrízicas se le han atribuido múltiples funciones entre las que se destacan el mejoramiento de la superficie absorbente del sistema radicular a través de un aumento significativo del mismo, aumento de la tolerancia a las toxinas, solubilización de ciertos elementos nutritivos, resistencia a condiciones adversas (sequía, salinidad, etc.), selectividad de la absorción y cierta protección contra los patógenos radicales.

Con el objetivo de identificar a las micorrizas, Peyronel et al. (1969), tomando en consideración la distribución geográfica de los simbioses presentes, su morfoanatomía y ultraestructura, las reclasificaron de la siguiente manera:

- ECTOMICORRIZAS
- ENDOMICORRIZAS
- ECTENDOMICORRIZAS

Las ectomicorrizas se pueden visualizar macroscópicamente pues el hongo rodea a la raíz y forma una capa o manto fúngico. A partir de esta estructura, las hifas se introducen entre las células de la corteza, sin lograr penetrarla y forman de esta manera la red de Harting, provocando cambios anatómicos evidentes que producen el crecimiento dicotómico de las raíces (Garrido, 1988 y Strullu, 1991).

Las endomicorrizas son difícilmente apreciables a simple vista. Éstas no forman capas fúngicas externas y se propagan a través de las raíces, alcanzando el interior de las células corticales, pero sin franquear el endodermo.

Finalmente como un nivel o paso intermedio aparecen las ectendomicorrizas, las que presentan características de los dos tipos de simbiosis anteriores.

2. Plantas y Hongos que forman la asociación endomicorrizógena.

2.1. Plantas que forman endomicorrizas arbusculares.

De acuerdo con Gerdemann (1975), con la excepción de las familias básicamente ectomicorrízicas (*Pinaceae*, *Betulaceae* y *Fagaceae*), las que forman endomicorrizas con hongos perfectos, (*Orquidaceae* y *Ericaceae*) y unas pocas familias que han sido reportadas como no micorrízicas (*Chenopodiaceae*, *Cruciferaeae*, *Fumariaceae*, *Cyperaceae*, *Commelinaceae*, *Urticaceae* y *Poligonaceae*), la mayoría de las especies vegetales restantes forman el tipo arbuscular.

No se debe ser categórico al valorar la extensión de la micotrofia a escala mundial, pues se sabe de estudios más detallados que sólo el 3% de las Angiospermas ha sido analizado. (Trappe, 1987; McGonille y Fitter, 1990; Barea et al. , 1991)

No obstante, a partir de estos datos se puede inferir una conducta generalizada hacia la existencia de la micorrización arbuscular, lo que se ha corroborado en el grueso de las especies de importancia económica que se encuentran en el 3 % de las Angiospermas analizadas.

2.2. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)

En este grupo solamente encontramos los micetos primarios que se enmarcan dentro de los *Zigomicetos*. la monografía de Gerdemann y Trappe (1974) definía en aquel momento la familia Endogonaceae compuesta por 7 géneros y 43 especies, ubicadas dentro de las micorrizas arbusculares, a esta clasificación siguieron las de Hall y Fish (1979); Trappe (1982); Sieverding (1983) y (1985); Berch (1988); Schenck y Pérez (1988); Morton (1988) y la más actualizada por Walker (1992).

En ésta última, los hongos micorrizógenos arbusculares se ubican en el orden *Glomales* de la clase *Zygomycetes* y se reporta la existencia de 135 especies, quedando conformadas las familias y géneros reconocidos hasta el momento de la siguiente manera:

Familia: *Glomaceae*

Géneros: *Glomus*

Sclerocystis

Familia: *Acaulosporaceae*

Géneros: *Acaulospora*

Entrophospora

Familia: *Gigasporaceae*

Géneros: *Gigaspora*

Scutellospora

3. Morfología de las micorrizas arbusculares y funcionamiento de la simbiosis

3.1. Morfología de las micorrizas arbusculares..

El desarrollo de los hongos que forman asociaciones del tipo arbuscular necesita de una planta, debido a la ausencia de síntesis nuclear propia de ácido desoxirribo nucleico (ADN) (Hendrix et al. , 1995; Burggraaf y Beringer, 1989; Calvet et al. , 1993), y por ende la necesidad de multiplicarse.

El proceso se inicia a partir de una hifa de penetración que puede ser originada o emitida desde una spora germinada (propágulo más numeroso en el suelo), una raicilla infectada o un propio segmento de hifa en el suelo que active su crecimiento bajo determinadas condiciones química –física del suelo. (Bianciotto et al. , 1989)

Ésta se desarrolla y al realizar contacto con la planta forma una estructura llamada apresorio que le sirve de sostén en la fase primaria de la infección, penetrando a la raíz

por los pelos absorbentes o células epidérmicas situadas detrás de la región meristemática (Bonfante y Perotto, 1995).

Esta fase y las siguientes que se discutirán, están mediadas por la interacción de algunos complejos enzimáticos de la planta con el simbionte, tales como: Glucanasas, Celulasas, Pectinasas, Quitinasas, Superoxido dismutasas, entre otras; a fin de atacar en primera instancia al hongo como mecanismo vegetal de reconocimiento a un organismo extraño, produciendo cambios significativos en la morfología y fisiología del simbionte, de manera que quede listo para comenzar el proceso simbiótico (Dumas et al. , 1992; García-Garrido et al. , 1992 y 1992 a; García-Romera et al. , 1992; Lambais y Mendy, 1993).

Las hifas se desarrollan en las llamadas células de cortex y entre ellas, en el interior de la capa de células que colindan con el endodermo. Éstas se ramifican intensamente de manera dicotómica con el propósito de llegar a formar rápidamente las estructuras arbusculares.

La entrada de la hifa madre a la célula para formar un arbusculo, no implica necesariamente que se atravesase la membrana celular del hospedero, aunque si la pared celular, por lo que algunos han planteado que no es realmente una penetración de la célula hospedera lo que se produce, pues el arbusculo permanece rodeado todo el tiempo por el plasmalema celular. Sin embargo, a medida que el arbusculo crece va llenando casi todo el espacio citoplasmático de la célula, por lo que presenta una extensa superficie de contacto con la planta (Alexander et al. , 1988 y 1989; Cox y Tinker, 1976).

El hongo nunca penetra hasta el cilindro central, en los arbusculos ocurren los procesos de intercambio de nutrientes entre el huésped y el miceto, una vez alcanzado la madurez fisiológica de este proceso (7-15 días) éstos son destruidos en el interior de las propias células, llamándose a este proceso fagocitosis.

Posteriormente se originan las vesículas, órganos formados en la corteza (debido al hinchamiento de una hifa, generalmente terminal) cuando las micorrizas se encuentran estabilizadas, éstas contienen en su interior gránulos de lípidos, con la función principal de ser material de reserva aunque pueden tener otras funciones como ser las precursoras de las clamidosporas formadas en la raíz en el caso de la especie *Glomus intraradix* (Schenck y Smith, 1982).

La fase extramatricial está formada por una red de micelio, la que puede ser más o menos densa de acuerdo a la densidad de la infección (Elias y Safir, 1987). Se desarrolla desde el exterior de la raíz hacia el suelo, extendiéndose con una serie de hifas que pueden llegar a alcanzar, en suelos bien drenados, alrededor de 8 cm de longitud (Rhodes y Gerdemann, 1975).

El micelio extramático es dimórfico y no presenta septos. Comprende tanto las hifas principales, gruesas y ramificadas dicotómicamente de 8-12 micrones de diámetro y mechones de hifas mucho más finas, muy ramificadas de paredes y de duración efímera, que son las encargadas de la absorción (Tawaraya et al. , 1996). La hifa principal presenta unas pequeñas proyecciones angulares a intervalos y hacia un lado, de las que salen los mechones de hifas absorbentes, cuando se encuentran en sustratos adecuados (Herrera et al. , 1988).

3.2 *Funcionamiento de la simbiosis*

El término simbiosis, representa un proceso sucesivo de intercambios de sustancias nutritivas, metabolitos esenciales, creación de nuevas estructuras, sustancias hormonales, etc.; entre dos partes, resultando un beneficio mutuo para ambos (Trappe, 1987).

Este tipo de asociación está regida por ambos genomas es decir, participan en el funcionamiento micorrízico tanto la planta como el hongo, modelada a su vez por el medio ambiente (Krishna et al. , 1985; Dehne, 1988; Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1989).

En la penetración y distribución del hongo en las raíces ocurren modificaciones fisiológicas tales como:

- Incremento de la actividad nuclear, de la masa citoplasmática
- Generación de nuevos organelos y del grado de vacuolación de las células corticales.
- Aumento de la diferenciación de los tejidos vasculares.
- Aumento de la tasa fotosintética.
- Incremento de la síntesis de proteínas, clorofila, sustancias de crecimiento y metabolitos secundarios.
- Activación de los sistemas enzimáticos.
- Favorecimiento de la absorción, translocación de nutrientes y agua.

El establecimiento del hongo representa un drenaje de fotosintatos desde la parte aérea hasta la zona radical. De la parte que toma el simbiote, la mayoría se utiliza para producir energía metabólica, asegurando a través de esta vía su mantenimiento y desarrollo, y el resto se moviliza en forma de azúcares y lípidos de masa fúngica intra y extraradical. (Bowen, 1987; Bonfante y Perotto, 1992).

Las hifas absorben el P inorgánico del suelo a través de un proceso activo, convirtiéndose éste posteriormente debido a un proceso de fosforilación en gránulos de polifosfato (2P). Estos son transportados por la corriente citoplasmática hasta las vesículas, donde pueden ser almacenados temporalmente o ir directamente hacia los arbusculos.

Una vez dentro de la matriz arbuscular, el polifosfato es hidrolizado por el complejo enzimático fosfatasa- alcalina en fosfato inorgánico (Pi) y a su vez transferido hacia la célula vegetal, pasando a través de la interfase hongo-planta (Tarafdar y Marschner, 1994). Este proceso de transporte en la interfase está mediado por los cambios de potencial de membrana tanto de la planta como del miceto y del sistema de transporte ATPasa-bomba de protón, desarrollado en la propia zona (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1986; Dexheimer et al. , 1986).

Simultáneamente en el sentido contrario, desde la planta hacia el hongo ocurre la transferencia de carbohidratos provenientes de la fotosíntesis vía floema. Estos llegan a la célula en forma de sacarosa y son hidrolizados a través de una enzima del tipo invertasa, convertida en dos monómeros, que a su vez se descomponen posteriormente y se fosforilan en moléculas de triosa-P, para ser transferidos al simbionte vía arbusculos (Letacon y Obatón, 1983; Smith et al. , 1994).

4. Factores que afectan las micorrizas arbusculares

4.1 Factores climáticos

Entre éstos se encuentra el efecto estimulante de la luz, que ha sido objeto de estudio de autores como Hayman (1974), Furlan y Fortin (1977). Durante el desarrollo del proceso de formación de las micorrizas vesículo-arbusculares, la ausencia de luz, tanto por sombras o por poca iluminación, no sólo reduce la infección micorrízica de las raíces y

por ende la normal producción de esporas, sino que también puede afectar la respuesta de las plantas a esta asociación.

Este fenómeno se origina en gran medida debido a la reducción del grado de suministro de metabolitos a las estructuras fúngicas presente en la raíz y en consecuencia se restringe el desarrollo externo del hongo y por supuesto la translocación de nutrientes a través de la interfase hongo-planta (Moawad, 1979).

Redhead (1975) postuló que los días largos podrían jugar un papel decisivo en el desarrollo de las micorrizas. En las zonas tórridas, debido a la alta radiación solar, los niveles de infección son generalmente elevados, sin embargo, cuando ésta se ve atenuada por el efecto de nubosidad perenne o sombreado, los niveles de infección disminuyen. Johnson et al. (1980), observaron una respuesta muy similar en cafetos bajo sombra de *Khaya grandifolia*.

Esta relación entre la radiación solar y los niveles de infección se explica a partir del incremento de la tasa fotosintética en presencia de altos niveles de radiación, lo que implica una mayor producción e intercambio de metabolitos y por ende una mayor posibilidad de mantener un simbiote con altos valores o niveles de colonización.

Uno de los factores climáticos que merece ser destacado es la temperatura del suelo. Hay que tener en cuenta que el establecimiento de las micorrizas presenta tres fases: Germinación de las esporas en el suelo, penetración de la hifa a la raíz y desarrollo dentro de las células de cortex. En el caso de la germinación, se ha determinado que existe un amplio rango de temperatura óptima, según sea la especie.

Ciertas especies de *Glomus* y *Gigasporas*, aisladas en zonas de la Florida (sub-tropical), germinaron excelentemente a una temperatura de 34°C, la que resulta considerablemente alta si la comparamos con algunas especies de *Glomus*, que germinaron a 20°C en climas fríos (Daniels y Trappe, 1980).

Por otra parte, Smith y Bowen (1980) indicaron que la infección natural, de manera general, disminuía con el incremento de la misma.

4.2 Factores Físico-Químicos

Otro de los factores claves es el contenido de agua presente en los suelos. A pesar de que los hongos MA forman simbiosis con plantas acuáticas (Dhillon y Ampornpan, 1990; Secilia y Bagyaraj, 1992; Fernández et al. , 1997), se admite generalmente que su desarrollo es lento o adverso en suelos anegados.

La influencia que tiene la falta de agua sobre la infección micorrízica dentro y fuera de la raíz es diferente. Daniels y Trappe (1980) anunciaron que el contenido de agua por encima de la capacidad de campo favoreció la germinación de esporas de hongos micorrizógenos.

En experimentos con *Khaya grandifolia*, Redhead (1975) encontró que la germinación y el micelio extramatricial se vio afectado por condiciones de sequía, sin embargo, la colonización micorrízica fue elevada debido a que los contenidos hídricos en el interior radical irrigaba suficientemente las hifas del hongo.

La formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de las plantas bajo condiciones de estrés hídrico, sobre todo en aquellas plantas que se exponen un largo período de tiempo a la falta de agua. Estas plantas logran desarrollar una capacidad de absorción superior, que les permite a su vez una mayor absorción del agua y nutrientes que ya, bajo esta situación, no se moverían por efecto de masa sino que por un aumento de la “pseudo difusión”, ocurriendo de hecho una irrigación en la planta que entre otras cosas, mantuviera a las hifas del hongo aún en condiciones adversas, desarrollándose satisfactoriamente la asociación planta-hma.(Ruiz-Lozano y Azcón, 1995).

Hace algún tiempo Menge et al. (1978), indicaron que la infección micorrízica era importante en el transplante de las plantas de semillero a suelo, esto en la actualidad ha sido demostrado por numerosos autores, ya que estas asociaciones aumentan la capacidad de absorción de las plantas.

Safir et al. (1972) y Sánchez et al. (1990), indicaron que las plantas deficientes de Fósforo (P), son muy susceptibles a la falta de agua, demostrando que en el caso de *Glycine max*, con una nutrición fosfórica adecuada, ocurre una mejor conducción del agua, aparejado además de un exuberante desarrollo del micelio externo.

Se determinó que la cantidad de agua necesaria para producir 1 gr. de materia seca es mucho más baja en plantas con asociaciones micorrízicas que en plantas sin infectar (Fitter, 1988; Sieverding et al. , 1989).

Otro factor relevante suelen ser las condiciones de acidez de los suelos expresadas a través del pH, que determina en muchos casos la eficiencia del endófito, porcentaje de germinación de las esporas y desarrollo de las micorrizas arbusculares (Green et al. , 1976).

La relación que se establece entre los rangos de pH del suelo y el efecto de la infección micorrizógena es verdaderamente complejo, dependiendo no sólo de la especie micótica; sino también del tipo de suelo, forma en que se encuentran los nutrientes fundamentalmente el P, N y otros elementos como Cu, Zn, Mo, B, etc. y en menor importancia el tipo de especie de planta sobre la que se desarrolla.

Las especies del género *Glomus* varían bastante, observándose que algunas de ellas presentan un amplio rango de pH como son *Glomus fasciculatum* y *Glomus occultum*, sin embargo, otras exhiben una estrecha faja como es el caso de *Gigaspora margarita* (Barros, 1987).

A pesar de que el pH se encuentra relacionado con todos los iones presentes en suelo, resulta

quizás la concentración del aluminio (Al) la más estrechamente ligada sobre todo en los suelos tropicales. Se ha encontrado que el funcionamiento de la mayoría de las especies de HMA oscila entre 0 y 1 Al cmol. Kg⁻¹ (6-5 pH), no obstante especies del género *Acaulospora* han demostrado su capacidad de crecimiento en suelos con pH 3-4 y a concentraciones tóxicas de aluminio para las plantas de 2-3 cmol. Kg⁻¹ suelo.

Por lo tanto es muy importante, en los estudios de selección de especies de hongos micorrízicos con alta eficiencia simbiótica, tener en cuenta el efecto del pH tanto sobre la productividad de la asociación como sobre los mecanismos de reproducción fúngicos, con el fin de poder seleccionar las especies o ecotipos de alta eficiencia en una amplia faja de pH o en los rangos de interés.

4.3 Factores Biológicos

Grandes poblaciones de microorganismos están presentes en el suelo y en las plantas, encontrándose relaciones parasíticas entre los hongos micorrizógenos y los hongos *Rhizidiomycopsis*, *Phlyctochytrium*, *Anquillospora*, y *Humicola*, que provocan un fuerte ataque a las esporas, tubo germinativo y micelio, inactivando estos propágulos en suelo.

También se presenta el hongo *Stachybotrys chartarum* y algunas especies de actinomicetos de suelo, que no sólo inhiben la germinación de esporas, sino que también producen sustancias volátiles, con elevado poder fungistático.

Se conoce además que las esporas de los HMA pueden ser parasitadas por hongos chytridiaceous (Paulitz y Menge, 1986) y ciertas amebas, que al parecer juegan un rol importante en el control de la dinámica de las poblaciones de esporas (Boyetchko y Tewari, 1991).

Por otra parte, determinadas bacterias y actinomicetos favorecen la germinación de esporas así como el establecimiento de la infección micorrízica, mediante la producción de enzimas

pectinolíticas y quitinasas respectivamente (Azcon-Aguilar et al. , 1986; Spanu et al. , 1989).

Ames (1989) y Tylka et al. (1991) estudiaron el efecto de algunos actinomicetos sobre la germinación de esporas de HMA, encontrando cierta especificidad en los mecanismos de aceleración de los procesos germinativos de estos hongos.

De manera general, los HMA se interrelacionan con estos grupos de microorganismo que conviven en la rizosfera. Es por ello que algunos microorganismos presentan relaciones de tipo sinérgicas con ellos en el ecosistema. (Finlay, 1985; Siqueira y Franco, 1988)

Katznelson y col. (1962); Ames y col. (1984) y Garbaye y Duponnois, (1991) definieron la zona micorrizosférica o hifosférica como la región en las micorrizas en íntimo contacto entre los microorganismos presentes y el micelio extramátrico del hongo.

Según Garbaye (1991) una amplia variedad de organismos viven en la zona micorrizosférica aprovechando la gran cantidad de compuestos orgánicos que son liberados por las plantas.

Las interacciones microbianas positivas o sinérgicas que mayor importancia revisten para los HMA son las que se presentan con las denominadas rizobacterias micorrizosféricas especializadas como es el caso de las solubilizadoras de fósforo (RSF) y otras bacterias rizosféricas nitro fijadoras que forman parte de las denominadas bacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (PGPR) (García-Garrido y Ocampo, 1989).

Estas pueden estimular el crecimiento de las plantas a través de la movilización y fijación de nutrientes y producción de metabolitos fitoefectivos, protección de las plantas de los fitopatógenos, descomponiendo sustancias tóxicas e incrementando la tolerancia al estrés.

La heterotrofia de los organismos rizosféricos demanda de compuestos orgánicos para suministrar la energía necesaria para la producción de metabolitos fitoefectivos y precisamente la rizosfera es

rica en este tipo de compuestos debido a los exudados, lisados y mucílagos derivados de la raíces; los cuales difieren de acuerdo al tipo de planta. De forma similar los residuos radicales y fertilizantes orgánicos pueden estimular en general la actividad microbiana en el suelo.

Los primeros reportes de bacterias estimuladoras del crecimiento vegetal fueron realizados por Burr et al. (1978) específicamente las especies *Pseudomona fluorecens* y *Pseudomona putida*, a partir de entonces han sido señaladas bacterias de los géneros: *Athrobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, *Serratia*, *Azospirillum* y *Acetobacter*. (Kapulnik, 1991).

Estas bacterias se encuentran en la rizosfera de cultivos tales como soya, papa, maíz, remolacha, caña de azúcar, arroz, flores, café y plantas nativas que viven en condiciones difíciles (Kleopfer et al. , 1980). Han sido aisladas de suelo rizosférico, superficie radical y tejido periférico radical, incluyendo tejido xilemático. (Gagne et al. , 1987).

Han sido aplicadas a las semillas de las plantas en forma de inoculante líquido o en soportes sólidos previamente inoculados tanto orgánicos como inertes (Kleopfer y Schroth, 1981).

Las raicillas de las plántulas son muy pobremente colonizadas por microorganismos (m.o.s.) en sus comienzos, ello provoca un nicho para la colonización de éstos. La supervivencia y propagación de los m.o.s. inoculados en la rizosfera es un prerequisite para lograr un efecto positivo de estos sobre las plantas.

El contacto íntimo con el hospedero no sólo favorece el intercambio de nutrientes y sustancias activas, sino también protege al microorganismo contra los antagonicos.

La supervivencia durante el período de crecimiento estará favorecida por:

- Una rápida propagación en la rizosfera.
- Elevada movilidad a lo largo del crecimiento de la raíz.
- Alta tasa de colonización en el exterior y en ocasiones en el interior del tejido radical.
- Múltiples mecanismos de promoción del crecimiento vegetal.

Dentro de sus principales funciones se encuentran:

- La producción de fitohormonas.
- La fijación de nitrógeno.
- Incremento en la disponibilidad de nutrientes para las plantas debido a sus mecanismos de oxidación.
- Solubilización por reducción de pH.
- Formación de pelos radicales.
- Formación de sideróforos.

Las fitohormonas (auxinas, citokininas y giberelinas) pueden estimular el crecimiento radical, ellas son producidas no sólo por las plantas sino por microorganismos rizosféricos in vitro como:

Azotobacter sp, Agrobacterium, Pseudomonas, Streptomyces spp.

Se producen grandes cantidades de ácido 3 indol acético (AIA), se han detectado otras hormonas en menor cantidad pero con niveles biológicamente significativos como son: ácido indoláctico ácido indol 3 butírico (IBA), indol 3 etanol, indol 3 metanol, compuestos de naturaleza indólica no identificados, algunas giberelinas, ácido absísico (ABA) y citokinas (Basham y Levanony, 1990).

En particular la aplicación de hormonas puede causar cambios en la longitud radical, producir más pelos radicales, mas raíces laterales y aumentar los niveles de división y diferenciación celular de los tejidos meristemáticos. (Morgenstern y Okon, 1987).

Dentro de los factores que la afectan se encuentran:

- Suelo:

Es el más complejo de los componentes de la rizosfera, compuesto de partículas orgánicas e inorgánicas y poros. Entre estas partículas encontramos contenidos de agua y aire. La composición mineral, textura y estructura de un suelo depende de los factores que lo originaron, por lo tanto el suelo encontrado en una rizosfera no sólo contiene una población microbiana única, sino que, hasta las bacterias que se colectan en la superficie que colinda con la raíz puede variar con el tiempo.

- Agua:

El nivel de agua de los micro y macroporos del suelo afecta el potencial matricial y osmótico de un suelo. Esto a veces incide en la supervivencia y el movimiento, a través del suelo de los microorganismos.

Los cambios en la tensión superficial del agua que rodean las partículas de suelo debidos a los ciclos de humedecimiento y secado promueven o inhiben el movimiento rizobacteriano (Howie et al. , 1987). De hecho, pérdidas de agua en la superficie radical, la colonización de nuevas raíces y la motilidad bacteriana por flagelos se encuentra limitada, más aún cuando el suelo es demasiado seco y el potencial hídrico de éste se

encuentra por debajo del punto crítico, por lo tanto, las bacterias son incapaces de mantener una adecuada turgencia y mueren.

Si el suelo está inundado las PGPR pudieran desprenderse de la rizosfera sin colonizarla, además se provocaría condiciones de anaerobiosis disminuyendo el número de sideróforos en el suelo (Bossier et al. , 1988).

El contenido de agua también puede afectar el grado de difusión del sustrato bacteriano, como por ejemplo los exudados de las plantas en el suelo.

- pH:

Básicamente el pH afecta la diversidad de especie de la rizosfera. Muy pocas bacterias viven en suelos ácidos, dominados fundamentalmente por hongos. La mayoría de las bacterias prefieren condiciones de pH neutro-alcalinas debido a que muchos sistemas enzimáticos son dependientes de la concentración del ión hidrógeno.

El pH del suelo también puede afectar la solubilización y disponibilidad de los nutrientes, si éste es ácido, promoverá la aparición de formas aniónicas.

Se cree que ciertas especies de PGPR producen condiciones ácidas, por lo tanto es interesante destacar el incremento en la disponibilidad de ciertos nutrientes en la rizosfera, por ejemplo, algunos micronutrientes que presentan rangos de solubilidad a niveles de pH bajo, favoreciendo la toma de éstos por las plantas.

- Planta:

a) Formas de la raíz.

La distribución del sistema radical en el suelo varía de acuerdo al tipo de planta, nivel de agua o suelo en donde se desarrolle. Las plantas tienen diversidad de sistemas radicales, algunas tienen un sistema superior, otras tienen sistemas fibrosos, que originalmente crecen desde la semilla; en el caso del maíz, uno primario con raíz pivotante que crece desde la semilla, siguiéndoles un sistema de raíces seminales y

nodales que se emiten desde el tallo, sistemas secundarios, terciarios, etc. Por lo tanto es necesario conocer el tipo de sistema radical para calcular si la raíz hará contacto con la bacteria o la bacteria con la raíz, dependiendo de esto, se inoculara la semilla o el suelo (Milus y Rothrock, 1993).

b) Exudados radicales.

Existe una amplia variedad de exudados de plantas como sustratos potenciales para los microorganismos. Estos varían de acuerdo al ambiente, especie, edad, y nutrición de las plantas, factores físicos que provocan estrés en suelo, temperatura, humedad y edad de la raíz.

Estos exudados también están influenciados por los microorganismos que rodean la raíz. Es importante destacar que las comunidades que crecen de manera selectiva en las proximidades de la raíz dependen mucho de la calidad y cantidad de la rizodeposición (compuestos fotosintéticos que la planta retorna al suelo a través de las raíces) (Bowen, 1991).

Experimentos realizados con P^{32} confirman que ambas plantas, las micorrizadas y las que no lo están, utilizan el fósforo asimilable del suelo (Sanders y Tinker, 1971; Mosse et al. , 1973), sin embargo, las plantas eficientemente micorrizadas logran tomar mayor cantidad del elemento debido a un aumento sustancial del sistema de raicillas e hifas, o sea un incremento notable de la superficie absorbente de la planta.

No obstante, la interacción efectiva entre ambos microorganismos puede involucrar además del incremento en la superficie de absorción de las plantas otros posibles mecanismos de toma de P.

Tinker (1978) y Fernández et al. (1989), discuten distintos mecanismos que van desde la solubilización micótica, a través del complejo enzimático de las fosfatasas ácidas, hasta

el más amplio fenómeno de solubilización bacteriana del fosfato orgánico e inorgánico en la rizosfera.

Es bien conocido, que dos grupos bacterianos quimorganotróficos como *Pseudomonas* y *Bacillus* y otro del tipo quimolitotrófico (*Thiobacillus ferroxidans*), son capaces de solubilizar el ión fosfato en su forma insoluble (Perrin, 1991).

Algunos estudios de la interacción sinérgica entre las micorrizas y las bacterias solubilizadoras

de fósforo, han sido llevados a cabo por Barea et al. (1975) en el cultivo del tomate. En algunos casos la combinación de la inoculación de *Glomus mosseae* y esta bacteria, incrementó significativamente el rendimiento con relación a la utilización de cada uno de ellos por separados (Boelens et al. , 1993; Defreitas y Germida, 1992).

Meyer y Linderman (1986) inocularon plantas con una especie no identificada de hongo micorrizógeno arbuscular y una cepa de RSF, *Pseudomona putida*. Ésta no provocó incrementos significativos sobre la infección micorrízica, pero si produjo un efecto positivo sobre la simbiosis sobre el crecimiento de las plantas.

Sin embargo Fernández et al. (1992), pusieron de manifiesto la poca respuesta encontrada en el desarrollo de las posturas de cafeto con el uso de tres cepas de HMA y una cepa de *Pseudomona fluorecens*, encontrando en la mayoría de los casos un efecto significativamente negativo en los parámetros fúngicos y en el desarrollo de la simbiosis micorrízica en general.

Factores edáficos y biológicos en regiones tropicales húmedas o en suelos de buena irrigación, como la especificidad del tipo de cepa de RSF a emplear con el suelo en cuestión pueden dar al traste con el efecto favorable que ejercen estos tipos de bacterias sobre las asociaciones micorrízicas va (Mamoun y Olivier, 1989).

5. Papel de las Micorrizas Arbusculares en la nutrición vegetal

El beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas vesículo-arbusculares en el crecimiento de las plantas resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable y en donde el potencial de explotación de éstas es mucho mayor que en regiones de clima templado (Fredeen et al. , 1989; Sieverding, 1991).

La inoculación de las plantas con hongos micorrizógenos provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo, B (Koide, 1991; Marschner y Dell, 1994), pudiéndose tener en cuenta que estas asociaciones son un factor importante para el incremento de las posibilidades de las plantas en países tropicales, por las razones citadas por Black (1980):

- Los bajos niveles de P asimilable o la alta capacidad de fijación de este elemento en suelo.
- La alta velocidad de los procesos de fijación en suelo y sus respectivas pérdidas.
- La creciente dificultad de producir fertilizantes fosfóricos solubles, debido a la escasez de los yacimientos, así como su alto costo de producción y precio público.
- El hábito micotrófico vesículo- arbuscular de la mayoría de las especies de interés económico en los trópicos.

Precisamente tomando en cuenta la necesidad de reducir el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, durante los últimos años han venido realizándose múltiples estudios acerca del papel relevante de las micorrizas en la producción vegetal (Siquiera et al. , 1986; Rosendahl y Rosendahl, 1991; McArthur y Knowles, 1993).

5.1 *Nutrición fosfórica.*

Los hongos micorrizógenos juegan un papel vital en la toma de P presente en los suelos, principalmente en las zonas tropicales, donde las cantidades de P asimilable a las plantas son frecuentemente bajas (Harley y Smith, 1983; Trimble y Knowles, 1995).

Generalmente bajo estas condiciones, en la zona de crecimiento radical ocurre un rápido agotamiento del P, debido al pobre suministro del mismo provocado por la alta capacidad de fijación del elemento en el propio suelo (Brady, 1984; Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1983).

Este efecto se atenúa a través de la infección micorrízica y sus hifas externas, las que son capaces

de explorar más allá de esta zona de deficiencia y tomar el fosfato hasta ese momento inasequible a la planta.

Los mecanismos de la toma de este elemento por el hongo se desconocen, sin embargo se sabe que este elemento se toma en forma de ortofosfato y se transporta a través de la hifa en forma de polifosfatos a una velocidad de 2×10^{-9} mol \times cm⁻² (Sieverding, 1991).

Pacovsky et al. (1986 a) realizaron estudios con plantas de soya (*Glicine max.L*) y sorgo (*Sorghum vulgare*), inoculadas con distintas especies de hongos micorrizógenos (*Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus sp*) y sin inoculación con la aplicación de dosis crecientes de P. Estos estudios condujeron a importantes conclusiones acerca del funcionamiento micorrízico que se plantean a continuación: Se observó que las plantas micorrizadas con las distintas cepas de MA presentaban similares niveles de colonización.

En las plantas no inoculadas el contenido de P se incrementó exponencialmente con las dosis de P, sin embargo en las micorrizadas el incremento fue logarítmico siguiendo el propio desarrollo fúngico.

Las plantas micorrizadas crecieron de 3 a 6 veces más que el control absoluto (sin P), igualando el crecimiento de las plantas no micorrizadas y fertilizadas con la dosis más alta del elemento con sólo la mitad del P aplicado.

Las plantas micorrizadas presentaron los mismos niveles de P que las no inoculadas, que recibieron la dosis más alta de P y a su vez las mismas concentraciones de Mn y Fe, pero mayor presencia de Zn, Cu, Mo y B.

Se pudo afirmar que las plantas inoculadas y las tratadas sólo con fertilización fosfórica difieren anatómicamente y fisiológicamente entre sí, sin embargo utilizan la misma fuente de fosfatos solubles del suelo.

Estudios con P^{32} mostraron que las plantas micorrizadas tienen el mismo acceso a las fuentes fosfóricas que las no micorrizadas, pero las primeras utilizan con mayor eficiencia los fosfatos de baja solubilidad como aquellos que forman sesquióxidos de Fe, Ca, Al, predominante en los suelos tropicales y rocas fosfóricas. (Siqueira y Paula, 1986; Bolan, 1991).

También plantean autores como Meyer y Linderman (1986), Orozco et al. (1986) y Ames y Bethlenfalvay (1987), que determinados grupos funcionales de microorganismos asociado a la hifosfera del hongo pueden aumentar indirectamente la solubilización del fosfato mediante la producción de determinadas enzimas fosfatasas.

Pacovsky et al. (1986 b), estudiaron la interacción tripartita entre las plantas de soya, los hongos formadores de MVA (*Glomus fasciculatum*) y la bacteria fijadora de N_2 , *Bradyrhizobium japonicum*, frente a una fertilización ausente de P y N. Las plantas inoculadas con ambos microorganismos presentaron incrementos en peso seco del 18 % con relación a los testigos con la bacteria sola, la fijación de nitrógeno tuvo un 80 % de incremento en la asociación mixta, efecto atribuido a un incremento de la masa nodular.

Ensayos realizados por Piccini y Azcón (1987) y Piccini et al. (1988), evidenciaron en alfalfa el papel de la asociación entre microorganismos solubilizadores de P y hongos formadores de MVA.

Los solubilizadores en presencia de roca fosfórica liberaron gran cantidad de P insoluble, tomándolo los hongos con una alta eficiencia.

Este fenómeno de incremento en la absorción del P unido a la presencia de micorrizas, no sólo está ligado a las enzimas fosfatasas, sino también a los procesos químicos del suelo, según Sieverding y Gálvez (1988), en suelos tropicales ácidos por debajo de valores de pH de 5.3 la

roca fosfórica es continuamente solubilizada y existe un relativo alto nivel de Fosfatos solubles que son rápidamente fijados formando complejos insoluble de Al y Fe a menos que sean absorbidos por la asociación planta micorrizas con mayor poder de absorción que la planta sola.

Cuando el pH del suelo se encuentra entre 5.5 y 6.5 la solubilización de la roca fosfórica, especialmente la apatita, puede estar relacionada con la fuerte acidificación de la rizosfera provocada por los exudados de las micorrizas.

5.2 Absorción de otros elementos.

Los hongos micorrizógenos a pesar de que no son capaces de fijar el N₂ atmosférico, favorecen su adquisición a través de efectos indirectos y de un aumento en la absorción del N del suelo. Así como ocurre con el P, las hifas y raicillas infectadas son capaces de tomar el N del suelo en varias formas y transferirlo a las plantas (Siqueira y Franco, 1988).

Las plantas micorrizadas absorben los iones amonio (NH₄⁺) en forma de glutamina, a partir del complejo enzimático de la glutamina-sintetasa (GS), transformados en trehalosa y translocado de esta manera, además se ha señalado también la toma de

nitrate y una pequeña actividad de la nitrato reductasa fúngica, que al parecer asegura la toma de nitratos de manera complementaria con la nutrición amoniacal. (Strullu, 1991).

Por lo tanto los HMA poseen la capacidad de emplear tanto NH_4^- como NO_3^- ,³ sin embargo sus efectos tienen mayor repercusión fisiológica producto de la absorción del amonio, ión que por el contrario del nitrato, se difunde lentamente en la rizosfera, y por lo tanto es menos asequible a las raicillas de las plantas.

Por otra parte, los HMA son capaces de absorber el amonio a concentraciones más bajas que las raíces y lo asimilan rápidamente a través de la vía explicada (Baath y Spokes, 1989).

El potasio (K) y el Magnesio (Mg), son comúnmente encontrados en altas concentraciones tanto en las plantas micorrizadas como en las que no lo están. Estos elementos se mueven con mayor facilidad en la solución del suelo que el P y aún no se ha encontrado el mecanismo de transporte directo de estos iones por parte de las micorrizas, además en algunos casos la elevada toma de estos nutrientes coincide con un efecto indirecto para eliminar deficiencias de P.

Por otra parte trabajos experimentales sugieren que la toma del K en suelos deficientes del elemento es realizada a través de las hifas de micorrizas (Sieverding y Toro, 1988).

Esta comprobado por autores como Sieverding (1991) y Marschner y Dell (1994), que los micronutrientes como Zinc (Zn), Cobre (Cu), Azufre (S), Boro (B) y molibdeno (Mo), son tomados y transportados a través de las hifas micorrizógenas hacia las plantas, sin embargo los iones de Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Cloro (Cl), se pueden encontrar tanto en plantas micorrizadas como en ausencia de éstas, lo que evidencia su indiferencia frente a la asociación (Buwalda et al., 1983 y Bolan et al., 1987).

Los elementos sodio (Na), cobalto (Co) y el silicio (Si), no son esenciales en el crecimiento de todas las especies de plantas, sin embargo su aumento en algunas plantas está relacionado con la toma por parte de las micorrizas.

Algunos metales pesados tóxicos como el Cadmio (Cd), Níquel (Ni), Estroncio (Sr) y Cesio (Cs) y algunos aniones no nutricionales como el Bromo (Br) y el Iodo (I), pueden ser transportados por las hifas de estos hongos hacia las plantas, este efecto puede ser atenuado por un incremento más balanceado en la absorción de los distintos macronutrientes.

6. Origen y Distribución del café.

El café es oriundo de los bosques tropicales de Etiopía, ubicados a una altitud entre 1600 y

2800 metros sobre el nivel del mar (Maestri y Barros, 1981).

Las plantas de cafetos pertenecen a la familia de las *Rubiaceas* y dentro de ésta al género *Coffea*, sección *Eucoffea* y sub-sección *Erythrocoffea*, estando representado por algunas especies, entre las que se destacan *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, primera y segunda especie en importancia a escala mundial respectivamente (Carvalho y Monaco, 1966; Van der Graaff, 1986).

La especie arábica es la predominante, representando alrededor del 80% de la producción mundial (Noriega, 1988; Carvalho, 1988). En Cuba es la especie de mayor importancia económica (Soto, 1994).

Las plantaciones de café en el continente americano se distribuyen desde Cuba a 22° de latitud norte hasta Paraná, Brasil, a 26° de latitud sur (Gindel, 1962).

El café se cultiva en altitudes extremas, desde el nivel del mar en la península arábiga (Yemen), hasta los 3000 m en la zona ecuatorial de baja latitud norte o sur (Setzer, 1952).

7. Propagación del cafeto

La propagación, no es más que la reproducción de las plantas, controladas o no por el hombre para perpetuar una determinada especie. Ésta se logra de forma natural o a través de diversas técnicas dependientes de la clase de planta de que se trate, existiendo dos formas para ello: la sexual, a través de la semilla y la asexual, mediante propágulos vegetativos.

El cafeto se reproduce mediante su semilla, pudiéndose también emplear técnicas de estacas, injertos y más recientemente el empleo de cultivo de tejidos meristemáticos.

La semilla del cafeto es capaz de germinar desde que es colectada, dependiendo de las condiciones de almacenamiento puede mantener el poder germinativo hasta cuatro años (Bendaña, 1962 y Morales et al. , 1990).

Por lo general ésta presenta una germinación lenta, ocurriendo la emergencia en las épocas calientes a los 50 o 60 días después de la siembra y en la estación fría hasta 90 días (Went, 1957).

La propagación de la semilla se puede realizar en dos tipos de viveros, utilizando recipientes o envases, fundamentalmente de polietileno (Morales y Duc Son, 1982; Morales y Jerez; 1982 y Carvajal, 1984) y en el otro directamente sobre el suelo o cantero (Fernández, 1980;).

En Cuba se han utilizado las dos tecnologías, la primera según Morales y Soto (1988) tiene la posibilidad de producir mayor cantidad de plántulas por unidad de superficie y menor riesgo de afectación en el momento del traslado, sin embargo, Fernández (1980) alcanzó los mejores resultados al aplicar la segunda pues las plántulas dispusieron de un mayor espacio vital en el cantero además de ser más económica su aplicación al reducir la fuerza laboral en el llenado de bolsas y por otra parte, el alto precio del polietileno para la elaboración de las bolsas.

8. Efecto de las micorrizas arbusculares sobre el cafeto

Las asociaciones micorrizógenas son importantes para el desarrollo normal de las plantaciones de cafeto (Lópes et al. , 1983 y 1983 a; Caldeiras et al. , 1983, Fernández et al. , 1989; Siqueira, 1989) en condiciones naturales, siendo considerado el cultivo como micótrofo obligatorio.

Sin embargo, autores como Lópe et al. (1986) y Colozzi-Filho y Siqueira (1986), encontraron un bajo índice de colonización en los viveros comerciales de cafeto, explicable en base a las bajas concentraciones de propágulos en el suelo, lo que indicaba un alto potencial para la inoculación con HMA seleccionados de acuerdo con los criterios expuestos por Dodd y Thompson (1994).

Se han utilizado numerosos hongos con éxito para promover el crecimiento y desarrollo del cafeto

en sus primeras etapas (López et al. , 1983a; Souza et al. , 1989; Fernádes y Siqueira, 1989; Fernández et al. , 1992; Siqueira et al. , 1993; Saggin-Junior et al. , 1994).

La especificidad simbiótica de los hongos micorrizógenos pueden variar de una especie fúngica a otra de acuerdo a las condiciones bióticas y abióticas presentes (Smith y Gianinazzi-Pearson, 1988).

Generalmente la micorrización con las especies nativas no resulta eficiente para el desenvolvimiento del cafeto, por dos razones principales:

- 1- La distribución de estos hongos en el ecosistema no es homogénea, existiendo sitios donde la población autóctona es demasiado baja para obtener una producción óptima de biomasa vegetal.
- 2- La asociación no es solamente poco efectiva, sino que existe un elevado parasitismo (Sieverding, 1991).

Los hongos introducidos en un agrosistema son generalmente efectivos y altamente infectivos, cuestión esta generada por la concentración fúngica presente en los inoculantes, sin embargo, pudieran presentar baja adaptabilidad al ecosistema (Siqueira et al. , 1989). De este modo es sumamente importante conocer las distintas cepas de HMA que se utilizan en los diferentes ecosistemas, de manera que se cree una estrategia o programa, donde se empleen de manera efectiva estas asociaciones.

III. MATERIALES Y METODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se seleccionaron diferentes sitios representativos de los principales tipos de suelo y condiciones edafoclimáticas en que se ubican los viveros de producción de posturas de cafetos en el país.

En cada uno de estas localidades con excepción del sitio de III Frente, se procedió a abrir una cala, describir el perfil y caracterizar el tipo de suelo de acuerdo a la valoración integral de la descripción del perfil en los respectivos horizontes y propiedades física- químicas de los mismos así como las características del material parental, relieve entre otros. La descripción del perfil y la caracterización correspondiente realizada en conjunto con personal del Instituto de Suelos se presenta en el anexo 1.

En el sitio de III Frente que corresponde al vivero de la Estación Experimental de Café y Cacao, se utilizó la caracterización existentes de dicha área. En todos los casos la caracterización se adecuó a la última versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández et al. , 1995 a)

A continuación se presentan las características más generales del clima (temperatura y precipitaciones medias anuales), altitud y tipo de suelo de cada una de las localidades en que se desarrollaron las investigaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Características más generales del clima (temperatura, precipitación anual media), ubicación, altitud y tipo de suelo de las distintas localidades estudiadas.

EXPERIMENTOS (Localidades)	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO	T (°C)	ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN (mm)
1. Tope de Collantes	N 229.10 E 601.60	FsPR	19	480-500	2200
2. Cancan	N 338.50 E 605.10	FsPR	23	350-400	1700
3. Jibacoa	N 245.80 E 602.80	FsPR	22.9	300-350	1700
4. Santiago	N 248.70 E 600.30	Pardo	22.6	380	1750
5. Tercer Frente	N.166.90 E 559.85	Pardo	24.6	250	1446
6. Veguitas	N 229.10 E 603.70	Pardo	24	300-360	1700
7. Veguitas	N 229.10 E 603.70	Pardo	23	300-360	1700
8. Jibacoa	N 229.10 E 603.20	Pardo	23	300-360	1700
9. Tope de Collantes	N 229.10 E 601.60	Alítico	19	480-500	2200
10. Tope de Collantes	N 229.10 E 601.60	Alítico	19	480-500	2200

Leyenda:

Tipos de suelos: FsPR: Fersialítico Pardo Rojizo, T: temperatura.

Fuentes: Tope de Collantes y Tercer Frente: A partir de los datos de las estaciones meteorológicas locales en el período 1986-1992. (Rivera et al. , 1993 b)

El resto de los sitios se caracterizaron a partir de las hojas cartográficas 1:50000 del Instituto de Suelos cuyas especificaciones aparecen en el anexo 1.

Descripción de los experimentos ejecutados durante el período 1991-1992.

Los experimentos que a continuación se detallan fueron sembrados durante el período de 1991-92, utilizándose la tecnología de manejo tradicional en la zona, pues en todos los casos constituyeron áreas de viveros comerciales. En todos los experimentos se trabajó con *Coffea arabica* L variedad catuaí, a razón de 120 plantas por tratamiento y se utilizaron indistintamente los sistemas de siembra de posturas en bolsas de polietileno (~2 .2 kg sustrato/bolsa) y en canteros para trasplante a raíz desnuda especificándose en cada uno de los experimentos el sistema utilizado.

Experimento 1:

Se desarrolló en la localidad de Tope de Collantes (Sancti.Spiritus), sobre suelo Fersialítico Pardo Rojizo durante el período de enero a agosto de 1991, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus sp1.*, *Acaulospora scrobiculata* y *Glomus clarum*) y una cepa de rizobacteria solubilizadora de fósforo (RSF) - *Pseudomona fluorescens* -, que fueron inoculadas a semillas de café bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por cuatro niveles del factor HMA (3 cepas y sin inoculación); dos niveles del factor RSF (con y sin inoculación) y dos niveles del factor fertilización fosfórica (Po y ½P) en presencia de un fondo común de N y K, estiércol vacuno 3:1 y un testigo de referencia estiércol vacuno y fertilización NPK (Cuba, Minagri, 1987).

Experimento 2:

Se realizó en la zona de Cancan (Villa.Clara), sobre suelo Fersialítico Pardo Rojizo durante el período de enero a agosto de 1991, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus sp1.*, *Acaulospora scrobiculata* y *Glomus clarum*) y una cepa de RSF (*Pseudomona fluorescens*), bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por cuatro niveles del factor HMA (3 cepas y sin inoculación); dos niveles del factor RSF (con y sin inoculación) y dos niveles del factor suelo:humus de lombriz (S:HL) en proporción de 3:1 y 5:1.

Experimento 3:

Se desarrolló en Jibacoa (Villa.Clara), sobre un suelo del tipo Fersialítico Pardo Rojizo, durante el período experimental de enero a agosto de 1991, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Con un diseño completamente

aleatorizado con arreglo factorial 4x2, se estudiaron 4 niveles del factor HMA *Glomus occultum*, *Acaulospora scrobiculata*, inoculación de cepas nativas concentradas (CCN) a través de una malla de 55 micras de apertura, y sin inoculación y dos niveles del factor suelo: humus, 3:1 y 5:1.

Experimento 4:

Se desarrolló en la zona de Santiago (Villa.Clara), sobre un suelo Pardo durante el período de enero a agosto 1992, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Con un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por 4 niveles del factor HMA (3 cepas de HMA: *Glomus clarum*; *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae* y sin inoculación), dos niveles del factor rizobacteria estimuladora del crecimiento vegetal (RECV) - *Azotobacter chroococcum* - (con y sin inoculación) y dos niveles del factor suelo: humus 5:1 y 7:1 respectivamente, con un testigo de referencia suelo:humus 3:1.

Experimento 5:

Se realizó en la zona de III Frente (Santiago de Cuba), sobre un suelo Pardo, durante el período de enero a agosto de 1992 utilizando el sistema de siembra en bolsas de polietileno. Se inocularon dos cepas de HMA, (*Glomus fasciculatum*, *Glomus clarum*) y el CCN y una RECV (*Azotobacter chroococcum*), en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por 4 niveles del factor HMA (dos cepas de HMA, CCN y sin inoculación), dos niveles del factor RECV (con y sin inoculación) y dos niveles de suelo:humus de 5:1 y 7:1 ,con un testigo de referencia suelo: humus, 3:1.

Experimento 6:

Se desarrolló en la zona de Veguitas, Villa Clara, sobre un suelo Pardo, en el período comprendido entre los meses de febrero a septiembre de 1992, utilizando el sistema de

siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus fasciculatum*, *Glomus sp*² y *Glomus mosseae*) y una RECV (*Azotobacter chroococcum*), mediante un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por cuatro niveles del factor HMA (tres cepas y sin inoculación), dos niveles del factor RECV (con y sin inoculación) y dos niveles del factor suelo: humus 5:1 y 7:1, con un testigo de referencia suelo:humus de 3:1.

Experimento 7:

Se desarrolló en la zona de Veguitas, Villa Clara, sobre un suelo Pardo, en el período comprendido entre los meses de febrero a septiembre de 1992, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus fasciculatum*, *Glomus sp*² y *Glomus mosseae*) y una RSF (*Pseudomona fluorescens*), mediante un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por cuatro niveles del factor HMA (tres cepas y sin inoculación), dos niveles del factor RSF (con y sin inoculación) y dos niveles del factor suelo:humus 5:1 y 7:1, con un testigo de referencia suelo:humus de 3:1.

Experimento 8:

Se desarrolló en la zona de Jibacoa, Villa Clara, sobre un suelo Pardo, en el período comprendido entre los meses de febrero a septiembre de 1992, utilizando el sistema de siembra en canteros para trasplante a raíz desnuda. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus sp*²) y una de *Azotobacter chroococcum*, mediante un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2, compuesto por cuatro niveles del factor HMA (tres cepas y sin inoculación), dos niveles del factor RECV (con y sin inoculación) y dos niveles del factor suelo:humus 5:1 y 7:1, con un testigo de referencia suelo:humus 3:1.

Experimento 9:

Se realizó en la zona de Tope de Collantes, Sancti Spiritus, sobre suelo Alítico, durante el período de enero a agosto de 1992, utilizando el sistema de siembra en bolsas de polietileno. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus clarum*, *Glomus sp*¹ y *Acaulospora scrobiculata*) y una cepa de RECV (*Azotobacter chroococcum*) en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2x2 compuesto por cuatro niveles del factor HMA (tres cepas y sin inoculación), dos niveles del factor RECV (con y sin inoculación), dos niveles del factor suelo:humus 3:1 y 5:1

Experimento 10:

Se realizó en la zona de Tope de Collantes, Sancti Spiritus, sobre suelo Alítico, durante el período de enero a agosto de 1992, utilizando el sistema de siembra en bolsas de polietileno. Se estudiaron tres cepas de HMA (*Glomus clarum*, *Glomus sp*¹ y *Acaulospora scrobiculata*) y una cepa de RSF (*Pseudomona fluorescens*.) en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 4x2 compuesto por cuatro niveles del factor HMA (tres cepas y sin inoculación) y dos niveles del factor RECV (con y sin inoculación),, sobre una relación suelo:humus 3:1.

Las diferentes actividades agrotécnicas en los viveros se realizaron según el Instructivo Técnico del Café y Cacao (Cuba, MINAGRI, 1987). El manejo de la sombra estuvo relacionado con las características propias de cada una de las zonas experimentales, y de acuerdo a las prácticas establecidas por los productores, no obstante todas las sombras empleadas se encuentran contempladas en el documento anteriormente mencionado.

A continuación se detallan los tipos de sombras utilizadas en cada una de los experimentos:

Exptos.-Localidad.	Tipo de sombra
1. Tope de Collantes	Sombreo por relieve
2. Cancan	Sombreo por relieve
3. Jibacoa	Higuereta (<i>Ricinus communis</i>. L).
4. Santiago	Vegetación Natural (<i>Inga</i> sp.) con poda de regulación
5. Tercer Frente	Cobertura Artificial (cheesecloth)
6. Veguitas	Higuereta (<i>Ricinus communis</i>. L).
7. Veguitas	Higuereta (<i>Ricinus communis</i>. L).
8. Jibacoa	Higuereta (<i>Ricinus communis</i>. L).
9. Tope de Collantes	Sombreo por relieve
10. Tope de Collantes	Sombreo por relieve

Un resumen de las principales características de los experimentos realizados se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Principales características de los experimentos realizados.

Exptos.	Diseño Experimental Factores y Niveles (x)	Período	Suelo Fertilidad (*)	Siembra
1. T.Ctes.	CA. Arreglo Trifactorial + testigo NPK HMA(4), RSF(2), Dosis P(2)	e-a/91	FsPR (Media)	Cantero
2. Cancan	CA. Arreglo Trifactorial HMA(4), RSF (2), S:HI (2)	e-a/91	FsPR (Media)	Cantero
3. Jibacoa	CA. Arreglo bifactorial HMA(4), S:HL(2)	e-a/91	FsPR (Media)	Cantero
4. Santiago	CA. Arreglo Trifactorial + testigo (3:1) HMA(4), RECV(2), S:HI(2)	e-a/92	Pardos (Alta)	Cantero
5. 3 ^{er} Frente	CA. Arreglo Trifactorial + testigo (3:1) HMA(4), RECV(2), S:HI(2)	e-a/92	Pardos (Alta)	Bolsas
6. Veguitas	CA. Arreglo Trifactorial + testigo (3:1) HMA(4), RECV(2), S:HI(2)	f-s/92	Pardos (Alta)	Cantero
7. Veguitas	CA. Arreglo Trifactorial + testigo (3:1) HMA(4), RSF(2), S:HI(2)	f-s/92	Pardos (Alta)	Cantero
8. Jibacoa	CA. Arreglo Trifactorial + testigo (3:1) HMA(4), RECV(2), S:HI(2)	f-s/92	Pardos (Alta)	Cantero
9. T.Ctes	CA. Arreglo Trifactorial HMA(4), RECV (2), S:HI (2)	e-a/92	Alítico Baja	Bolsas
10. T.Ctes	CA. Arreglo bifactorial HMA(4), RSF(2)	e-a/92	Alítico Baja	Bolsas

Leyenda:

Experimentos: T.Ctes: Tope de Collantes, 3^{er} Frente.: III Frente Oriental,.

C.A: Completamente aleatorizado. **Factores de estudio:** HMA: hongos micorrizógenos arbusculares, **RSF:** Bacterias Solubilizadoras de Fósforo, **RECV:** Rizobacteria Estimuladora de Crecimiento Vegetal, **s:hl:** Suelo:humus de Lombriz, **Dosis de P:** Dosis de fertilizantes fosfórico.

Suelo: FsPR: Fersialítico Pardo Rojizo.

(*). Criterios de fertilidad basándose en el trabajo de caracterización Hernández et al. , (1998) Anexo 1.

Obtención e inoculación de los microorganismos empleados*Micorrizas Arbusculares*

Las cepas de calidad certificada empleadas inicialmente en la reproducción del inoculante agrícola, para aplicar en los experimentos, procedieron del Instituto de Ecología y Sistemática (IES), CITMA.

El inóculo para los experimentos se produjo en el IES y en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), infectando con cepas certificadas plantas de *Sorghum vulgare*, sobre un sustrato de suelo: cachaza 3:1. Pasado 90 días se extrajo el inoculante con las siguientes características de calidad micorrízica: Raicillas infectadas (60%) y Esporas (≥ 30 Esporas /g suelo), con un grado de pureza superior al 95 %.

En la tabla 3, se aprecian las cepas de hongos micorrizógenos empleados en cada experimento.

Tabla 3. Relación de cepas de HMA, utilizadas en cada experimento.

Cepas de Hongos Micorrizógenos	Experimentos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Glomus clarum</i> (Nicolson & Schenck)	x	x		x	x				x	x
<i>Glomus mosseae</i> (Gerdemann & Trappe).				x		x	x			
<i>Glomus fasciculatum</i> (Gerdemann & Trappe)				x	x	x	x	x		
<i>Glomus occultum</i> (Walker)			x							
<i>Glomus</i> sp ¹ *	x	x							x	x
<i>Glomus</i> sp ² *						x	x	x		
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe)	x	x	x						x	x
Concentrado de Cepas Nativas **			x		x					

* : Previamente aisladas en la zona cafetalera del Escambray (Furrazola et al. , 1990)

** : Obtenido de acuerdo con Herrera (comunicación personal)

Este inoculante se aplicó a razón de 10 g/semilla de cafeto, en el momento de la siembra,

procediendo de acuerdo con la metodología descrita por Sieverding (1991).

Pseudomonas fluorescens.

Los inóculos para este trabajo procedieron del Instituto de Suelos, MINAGRI, consistente en productos líquidos, constituido por cepa de *Pseudomonas fluorescens* con una concentración de 1×10^7 ufc/ml. Se aplicó por el método de inmersión de

semillas, en una dilución con agua 1:20, durante un tiempo de 5 minutos previo a la siembra de acuerdo con las indicaciones de los especialistas del Instituto de Suelos (Ferrán, comunicación personal).

Azotobacter chroococcum.

El inóculo para este trabajo, procedió del Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical (INIFAT), obteniéndose a partir del cultivo de una cepa de *Azotobacter chroococcum*, en medio DIMARGON (Dibut et al. , 1993), la concentración del mismo fue de 10×10^9 ufc/ml, aplicándose a las semillas, por el método de inmersión en una dilución de 1:10, durante un tiempo de 20 minutos previo a la siembra, de acuerdo con las indicaciones de los especialistas del INIFAT (María del Carmen Acosta, comunicación personal).

Evaluaciones.

Análisis del suelo y del sustrato: Previo al comienzo de cada experimento se tomaron muestras compuestas de suelo (0-20 cm de profundidad) en cada área experimental para el análisis químico de la fertilidad. Así mismo en los experimentos 1, 2, 3, 4, 9 y 10; una vez realizadas las diferentes mezclas de suelo: abono orgánico (sustratos) se procedió a tomar muestras compuestas para el análisis químico.

Se determinaron pH-H₂O, M.Organica.% (Walkley-Black), Pasimilable (Bray-Kurtz 1) y los cationes intercambiables, K, Ca, Mg (Black- NH₄Ac-1n pH 7) de acuerdo con la metodología descritas en el correspondiente manual de laboratorio, INCA (1996).

Tabla 4. Principales características químicas de los suelos en que se ejecutaron los experimentos.

E	Suelo	pH	M.O (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Al	Fertilidad
				mg. 100 g ⁻¹		cmol. kg ⁻¹			
1	FsPR	6.8	3.4	14.20	23.4	8.4	1.2	---	Media
2	FsPR	7.1	3.8	16.10	28.1	7.8	1.4	---	Media
3	FsPR	5.8	3.0	13.00	17.7	5.2	1.5	---	Media
4	Pardo	6.8	4.1	38.90	37.4	23.5	1.3	---	Alta
5	Pardo	7.3	3.8	57.00	52.8	32.0	7.9	---	Alta
6	Pardo	6.0	3.0	26.70	25.1	14.3	2.4	---	Alta
7	Pardo	6.0	3.0	24.20	25.1	14.3	2.4	---	Alta
8	Pardo	6.6	3.5	23.20	22.9	15.3	1.5	---	Alta
9	Alítico	4.9	1.2	2.70	8.7	1.4	1.4	2.32	Baja
10	Alítico	4.8	1.5	2.90	4.9	1.5	1.1	2.30	Baja

Leyenda:

Suelo: FsPR: Fersialítico Pardo Rojizo.

A continuación se exponen los resultados del análisis químico del suelo empleado en cada uno de los viveros (Tabla 4) y de los sustratos de algunos de los experimentos (Tabla 5), así como una valoración acerca de las características de la fertilidad en las áreas experimentales (Anexo 1), elaborada a partir de los propios índices químicos obtenidos y fundamentalmente de la capacidad de intercambio catiónico asociada a estos tipos de suelo.

En cada una de las localidades se analizaron los perfiles de suelo, presentándose la información en el anexo correspondiente.

De forma general los suelos que se emplearon en los viveros, presentaron valores de fertilidad de mediano a altos, con contenidos de Ca + Mg intercambiables entre 6.7 y 40 cmol. kg^{-1} , contenidos entre 3.0 y 4.0 % de materia orgánica y valores superiores a los 10 mg.100g^{-1} de P_2O_5 ; estando agrupados en suelos Fersialíticos Pardo Rojizo y Pardos, presentando además buenas propiedades físicas. (Hernández et al. , 1995).

Solo en dos casos se encontraron suelos de baja fertilidad, correspondiente a los Alíticos ubicados en la zona de Tope de Collantes (Exptos. 9 y 10), con bajos contenidos de Ca y Mg intercambiable $< 5 \text{ cmol.kg}^{-1}$, bajos valores de materia orgánica y P disponible, además de condiciones de acidez elevadas con valores relativamente altos de aluminio intercambiable de 2.32 cmol.kg^{-1} .

En relación con los sustratos con excepción del Experimento 1, en el cual se utilizó estiércol vacuno como fuente de materia orgánica para la conformación del sustrato, en el resto de las localidades se empleó humus de lombriz. El mismo tenía las siguientes características: 25% de materia orgánica, P total de 2000 mg.100 g^{-1} y una capacidad de intercambio catiónico $> 150 \text{ cmol. kg}^{-1}$.

El análisis arrojó que con independencia de la calidad de los suelos y de las fuentes de materia orgánica empleadas para conformar los sustratos, los contenidos de nutrientes de las mezclas siempre fueron superiores a los suelos que originaron las mismas, siendo consecuencia directa de los aportes de nutrientes realizados por el abono orgánico, que siempre fueron mucho más ricos que los de los propios suelos.

Tabla 5. Principales características químicas de los sustratos en algunos experimentos.

Exptos.	Sustratos*	PH	M.O %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
				mg 100 g ⁻¹		cmol. kg ⁻¹	
1 FsPR	P ^{1/2}	6.3	3.8	79.20	35.9	13.12	1.2
	P ₀	6.4	3.8	41.22	31.12	14.13	1.2
2 FsPR	3:1	6.1	4.5	81.25	50.9	14.90	1.5
	5:1	6.6	4.0	63.12	37.6	14.12	1.2
3 FsPR	3:1	5.0	4.2	71.10	40.09	12.11	1.6
	5:1	5.3	3.5	59.12	37.12	13.04	1.4
4 P	5:1	6.1	4.0	73.12	40.77	20.10	1.3
	7:1	6.6	4.0	49.17	38.25	18.12	1.3
9 A	3:1	5.3	2.1	10.90	20.15	6.10	1.3
	5:1	5.0	1.6	6.42	19.18	4.56	1.4
10 A	3:1	5.3	2.1	11.12	18.12	5.24	1.2

* En todos los casos se refiere a las relaciones suelo: humus de lombriz utilizados, excepto en el Experimento 1 referido a las dosis de P empleadas en una relación suelo: estiércol 3:1.

Se encontraron incrementos en prácticamente todos los elementos estudiados, siendo más señalados para el fósforo, el calcio y los contenidos de materia orgánica.

En el caso de los experimentos 9 y 10 originados a partir de suelos con baja fertilidad, los contenidos de nutrientes obtenidos en las mezclas aún fueron bajos, acentuándose este fenómeno en las dosis con menor cantidad de abono orgánico (5:1).

Por otra parte, a pesar de que solo se presentan las mezclas de algunos de los experimentos, la conducta encontrada en las concentraciones de nutrientes de las mezclas, indicó que la aplicación de materia orgánica en los experimentos en general, condujo a incrementos en la disponibilidad de los nutrientes y este muy relacionado con la cantidad y riqueza natural del suelo empleado.

Los viveros tuvieron una duración de 7 meses y se cosecharon cuando los mejores tratamientos habían alcanzado la calidad óptima de postura para el trasplante, > 6 pares

de hojas y $> 300 \text{ cm}^2$ de área foliar, de acuerdo con los criterios establecidos por Soto (1994).

Para caracterizar el crecimiento vegetal, la nutrición mineral y el funcionamiento fúngico, se evaluaron diferentes variables, tomándose 20 plantas por tratamientos en el momento de la cosecha del vivero. Las variables estudiadas fueron las siguientes:

Variables Morfológicas

Altura de las plantas: Se midió con regla graduada en mm desde el cuello de la raíz hasta el ápice.

Área Foliar: Esta variable se estimó según el método desarrollado por Soto, 1980, tomando las dimensiones lineales de las hojas, largo y ancho y aplicando la fórmula $\text{área foliar} = \text{Largo} \times \text{ancho} \times 0.67$.

Número de pares de hojas: Se determinó este índice considerando una hoja completamente formada cuando tuviera un área foliar $> 5 \text{ cm}^2$.

Análisis Foliar: Se realizó en cuatro de los diez experimentos (1,2,4 y 9) a partir de las 20 plantas /tratamientos que se utilizaron para las evaluaciones. En todos los casos se determinó el N, P y K (%) por digestión H_2SO_4 -Se y posterior análisis químico (INCA, 1996).

Variables micorrízicas.

Solo se estudiaron en los experimentos 1, 2, 3, 4, 7, 9 y 10

Porcentaje de Infección: Se tomaron muestras de raicillas de 20 plantas/tratamientos y se les aplicó la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970), para clarificar y teñir las raicillas. La cuantificación se realizó según el método descrito por Giovannetti y Mosse (1980), en microscopio estereoscópico (20x), basado en el conteo de al menos 100 intersecciones de las raicillas con las líneas de una placa de petri cuadrículada (distancia entre líneas de 0.5 pulgadas), de manera que estadísticamente sea fiable y

pueda estimarse un porcentaje de infección correcto equivalente al peso de raíces de la muestra. Los valores de porcentaje calculados se transformaron por $\arcsin \sqrt{x}$.

Masa de Endófito Arbuscular (EA): Se aplicó la metodología descrita por Herrera et al. (1995), la cual se basa en la cuantificación de los segmentos infectados y teniendo en cuenta los niveles de infección (densidad u ocupación visual) , y al ser referido al peso inicial de las raicillas, permite conocer la masa del simbionte. Los valores fueron expresados como mg de EA/g suelo

Conteo de esporas: Se realizó haciendo la extracción en 100ml de suelo rizosférico correspondiente a 20 plantas, según el método descrito por Gerdemann y Nicolson, 1963, el cual se basa en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo. Las esporas y demás propágulos se colectaron sobre una malla de 40 micrometros de apertura, siendo separadas por centrifugación con un gradiente de sacarosa + Tween 80 y observadas posteriormente en un microscopio óptico (20-40x). Los valores se expresaron en Esporas/gramo de suelo

Incrementos netos.

Para determinar los efectos producidos en los experimentos además de los valores absolutos de las variables estudiadas se utilizó un índice de eficiencia (IE), reportado inicialmente por Siqueira y Franco (1988) para evaluar la dependencia micorrízica.

Este índice expresa los efectos a través de los incrementos relativos frente a un testigo y permite comparar experimentos conducidos en diferentes condiciones edafoclimáticas, períodos de crecimiento y sistemas de siembra diferentes de forma similar a como Brady (1984) señaló para el rendimiento relativo (%). En nuestro caso se le aplicó a las variables área foliar, endófito arbuscular y los contenidos foliares de N, P y K, tomando como testigo de referencia la relación S:HL 3:1

La fórmula en cuestión para el caso específico del área foliar es la siguiente:

$$\text{I.E (\%)} = \frac{\text{A. F. Inoculado.} - \text{A. F. Testigo Referencia.}}{\text{A. F. Testigo Referencia.}} \times 100$$

Análisis estadísticos:

En todos los experimentos los datos fueron procesados mediante el análisis de varianza correspondiente con el diseño estadístico utilizado. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos en cada experimento, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan con $P \leq 0.001\%$ como criterio comparativo entre estos.

Se realizaron los análisis de regresiones simple entre las variables área foliar, endófito arbuscular y los contenidos nutricionales, obteniéndose el modelo de mayor ajuste (mayor coeficiente de determinación, R^2) a partir del programa Curvefit, el cual analiza de manera conjunta 16 tipos de modelos diferentes pertenecientes a la familia de los polinomiales, exponenciales, logarítmicos, de crecimiento continuo y lineal. En todos los casos el modelo que mayor ajuste presentó fue el polinomio de 2^{do} grado y como tal las relaciones estudiadas se presentarán en función de este.

Evaluación económica:

Tomando en consideración que los diferentes experimentos fueron conducidos en viveros de producción, se aplicaron las normas productivas establecidas en el Instructivo técnico (Minagri, 1987), para el cultivo del café. A continuación se detallan los diferentes componentes económicos tomados en cuenta para calcular el costo de una postura de café, a partir de la comparación de la norma técnica S: HL 3:1, (Rodríguez, 1992) con las distintas variantes o alternativas propuestas en este trabajo:

- Gastos de materiales y salarios en: acondicionamiento y preparación de tierra, transportación de Materia Orgánica, HMA, Preparación de mezcla, Canteros, Bolsas, atenciones culturales, etc).
- Gastos indirectos
- Pérdidas (10%)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Enfoque general utilizado en la presentación y discusión de los resultados.

Una vez realizado los análisis estadísticos, se encontró que en todos los experimentos las variables estudiadas (Anexo 2, Tablas del 1al 10), presentaron interacciones significativas de máximo orden, es decir entre todos los factores en estudio (Tabla 6), lo que implica una discusión de los resultados a partir del análisis estadístico de la interacción de máximo orden en cada uno de ellos..

Con el objetivo de encontrar la influencia de los diferentes factores bajo estudio y partiendo de la existencia de las interacciones significativas, el enfoque seguido en la discusión de los resultados será el de comparación entre tratamientos, analizando primeramente el efecto de la inoculación micorrízica y la relación suelo/abono orgánico para cada tipo de suelo sobre el crecimiento, funcionamiento fúngico y nutrición mineral de las plantas; una vez entendido este fenómeno, se analizará el efecto de la coinoculación con las distintas rizobacterias.

En este enfoque, las comparaciones entre las medias de los tratamientos, se harán utilizando siempre las docimaciones correspondientes al análisis estadístico de la máxima interacción, cumpliendo de esta forma, con los requerimientos estadísticos necesarios para la interpretación de factoriales con interacción significativa.

Además, partiendo de que los experimentos pueden agruparse por tipos de suelos, se consideró más apropiado buscar el comportamiento más general analizando la conducta de los diferentes grupos experimentales, y no a partir de la discusión individual de cada experimento por separado, lo cual sería repetitivo y finalmente conduciría a idénticas conclusiones.

Tabla 6: Interacciones estadísticas encontradas entre los factores estudiados en las variables altura, área foliar, tenores de nutrientes y fúngicas en los distintos experimentos.

Exptos	interacción	Significación
1	AxBxC	***
2	AxBxC	***
3	AxB	***
4	AxBxC	***
5	AxBxC	***
6	AxBxC	***
7	AxBxC	***
8	AxBxC	***
9	AxBxC	***
10	AxB	***

Leyenda:

Exptos: Experimentos ejecutados.

Interacción: Interacciones encontradas para cada variable estudiada.

Significación: n.s.: Nivel de significación según Dócima de Duncan

***. Diferencias significativas para $p \leq 0.001$

2. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las posturas de café.

2.1. Efecto de las HMA por tipo de suelo y riqueza del sustrato sobre el crecimiento de las posturas.

Uno de los aspectos estudiados y decisivos para lograr la optimización del manejo eficiente de los hongos micorrizógenos arbusculares, fue la dependencia que existió entre la eficiencia de los hongos micorrizógenos, el tipo de suelo y su fertilidad, así como la relación suelo/abono orgánico que se utilice como sustrato para el crecimiento de las posturas, todo lo cual condiciona el efecto de la cepa en cuestión.

De forma general el fenómeno de micorrización resulta eficiente, cuando las plantas se desarrollan en condiciones de suministro no óptimo de nutrientes, especialmente aquellos elementos que tienen poca movilidad en el suelo, como es el caso del P y responden a los mecanismos de difusión (Harley y Smith, 1983), de manera que exista una ganancia neta para la planta con esta asociación y que la energía y productos del metabolismo de la planta que son utilizados para el desarrollo de las micorrizas, sean largamente retribuidos a través de los incrementos en absorción y en la tasa de crecimiento neto (Marschner y Dell, 1994; Smith et al. , 1994).

Uno de los aspectos más importantes obtenidos fue la positiva y consistente respuesta a la inoculación con especies eficientes de HMA por tipo de suelo (Tabla 7 a, b, c), lográndose en determinadas combinaciones de cepa -relación suelo/abono orgánico para cada tipo de suelo las posturas más vigorosas.

En todos los experimentos se encontraron incrementos significativos sobre la producción de área foliar, variable morfológica que con mayor claridad consideramos que expresó la respuesta del crecimiento del café en la etapa de posturas, no obstante, en las tablas mencionadas anteriormente en el anexo 2, se pueden apreciar también los consistentes y similares resultados encontrados en las evaluaciones de las otras variables

Tabla 7a: Efecto de la inoculación de HMA por tipo de suelo sobre la producción de área foliar e índices de eficiencia (I.E) alcanzados en las condiciones de baja fertilidad.

E	Suelos	Cepas de HMA	s:hl	Area foliar (cm ²)	I.E (%)
9	A	Gl clarum	3:1	138.83 a	140
			5:1	33.61 ij	-42
		Gl sp ¹	3:1	94.62 bc	63
			5:1	107.44 bc	86
		Ac. scrobiculata	3:1	119.55 ab	107
			5:1	71.70 ef	24
		Testigo	3:1	57.70 gh	
		Es x		6.32***	
10	A	Gl clarum	3:1	210.30 a	143
		Gl sp ¹	3:1	213.08 a	147
		Ac scrobiculata	3:1	106.00 c	23
		Testigo	3:1	86.38 d	
		Es x		8.30***	

Leyenda:

A: Suelo Alítico

3:1, 5:1: Relación de suelo: Humus de lombriz.

Gl: Glomus Ac: Acaulospora

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 7b: Efecto de la inoculación de HMA por tipo de suelo sobre la producción de área foliar e índices de eficiencia (I.E) alcanzados en las condiciones de media fertilidad.

E	Suelos	Cepas de HMA	s:hl	Area foliar (cm ²)	I.E (%)
1	FsPR	Gl clarum	3:1Po	369.20 a	257
			3:1P ¹ / ₂	318.80 bc	208
		Gl sp ¹	3:1Po	349.50 b	238
			3:1P ¹ / ₂	273.50 cd	164
		Ac scrobiculata	3:1Po	225.90 fg	118
		3:1P ¹ / ₂	190.90 hi	85	
		Testigo	NPK	103.40 i	
		Es x		5.89***	
2	FsPR	Gl clarum	3:1	206.30 gh	-10
			5:1	481.10 a	110
		Gl sp ¹	3:1	249.70 ef	8
			5:1	346.80 bc	51
		Ac scrobiculata	3:1	301.80 d	32
		Testigo	5:1	213.60 fg	-7
		Es x	3:1	229.20 fg	
				13.90***	
3	FsPR	Gl occultum	3:1	329.6 b	28.3
			5:1	360.5 b	40.3
		Ac scrobiculata	3:1	270.0 c	5.1
			5:1	242.0 c	-5.7
		CCN	3:1	245.5 c	-4.4
		Testigo	5:1	438.7 a	70.8
		Es x	3:1	258.6 c	
				7.35***	

Leyenda:

FsPR: Fersialítico Pardo Rojizo.

3:1, 5:1: Relación de suelo: Humus de lombriz.

Gl: *Glomus*

Ac: *Acaulospora*

CCN: Concentrado de cepas nativas.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 7c: Efecto de la inoculación de HMA por tipo de suelo sobre la producción de área foliar e índices de eficiencia (I.E) alcanzados en las condiciones de alta fertilidad.

E	Suelos	Cepas de HMA	s:hl	Area foliar (cm ²)	I.E (%)
4	P	Gl clarum	5:1	176.10 f	6
			7:1	299.60 c	80
		Gl fasciculatum	5:1	207.40 e	25
			7:1	307.70 c	86
		Gl mosseae	5:1	164.40 g	-1
			7:1	161.20 g	-1
		Testigo	3:1	166.20 g	
		Es x		5.67***	
5	P	Gl clarum	5:1	294.30 k	-30
			7:1	188.30 m	-55
		Gl fasciculatum	5:1	482.80 e	15
			7:1	533.20 b	27
		CCN	5:1	405.80 g	-3
			7:1	487.50 d	16
		Testigo	3:1	420.10 f	
		Es x		2.10***	
6	P	Gl fasciculatum	5:1	502.30 a	69
			7:1	495.60 ab	67
		Gl sp ²	5:1	454.80 bc	53
			7:1	475.70 b	60
		Gl mosseae	5:1	338.80 d	21
			7:1	338.60 d	21
		Testigo	3:1	297.00 e	
		Es x		16.08***	

Leyenda:

P: Pardo

5:1, 7:1: Relación de suelo: Humus de lombriz.

Gl: *Glomus*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 7c: (Continuación)

E	Suelos	Cepas de HMA	s:hl	Area foliar (cm ²)	I.E (%)
7	P	Gl fasciculatum	5:1	502.60 a	70
			7:1	495.60 a	67
		Gl sp ²	5:1	454.80 ab	53
			7:1	485.70 ab	64
		Gl mosseae	5:1	338.80 c	20
			7:1	338.90 c	20
		Testigo	3:1	297.50 d	
				15.90***	
8	P	Gl fasciculatum	5:1	402.50 b	18
			7:1	364.37 b	7
		Gl sp ²	5:1	205.10 d	-39
			7:1	200.00 d	-41
		Gl mosseae	5:1	354.30 c	4
			7:1	370.37 b	8
		Testigo	3:1	341.00 c	
				12.10***	

Leyenda:

P: Pardo.

5:1, 7:1: Relación de suelo: Humus de lombriz.

Gl: *Glomus*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

morfológicas, ejecutadas también al finalizar cada uno de los experimentos, como son la altura y los pares de hojas.

Ciertamente el área foliar expresa el crecimiento “integrado” de la planta con valores cuantitativamente muy superiores a los del número de pares de hojas y altura, lo cual además, permite que cualquier efecto sobre el crecimiento de las posturas o de la propia planta del cafeto, se refleja primero y con más intensidad sobre el área foliar que sobre las otras dos variables (Rivera et al. , 1993 b).

Todo lo anteriormente expuesto, conllevó a seleccionar a esta variable como el indicador morfológico principal en este trabajo, a pesar de que también la altura y pares de hojas, expresaron satisfactoriamente los principales resultados, aunque con las limitaciones ya señaladas.

Vale la pena también destacar que el efecto de la inoculación no sólo se expresó en términos absolutos del área foliar, sino también como Índice de Eficiencia (Siqueira y Franco, 1988), calculado a partir de los incrementos alcanzados en cada caso con respecto al tratamiento sin inocular con una relación suelo: humus de lombriz 3:1, que ha sido uno de los tratamientos utilizados como norma técnica en la práctica productiva (Rodríguez, 1992).

El incremento sobre el área foliar alcanzado por los tratamientos inoculados por HMA, con independencia del tipo de suelo osciló desde un 15 hasta 257 %, expresado como Índice de Eficiencia (I.E %).

Este efecto se encontró no sólo en aquellas localidades donde las posturas obtenidas con el tratamiento testigo (3:1, sin inocular) presentaron un comportamiento netamente inferior, sino también en aquellos sitios donde se obtuvieron buenas posturas con dicho tratamiento.

Es decir se encontró un efecto positivo no sólo en suelos con bajas condiciones de fertilidad, donde el mismo podía ser esperado (Tabla 7a) (Harley y Smith, 1983; Saggin-Junior et al. , 1992; Pate, 1994), sino también como novedad, en suelos con buenas condiciones de fertilidad, corroborando la alta dependencia micorrizica del cafeto (Tabla 7b y c)(Siqueira y Franco, 1988), así como dejando claras las posibilidades y efectividad de la aplicación de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, cuando se escogen especies y cepas adecuadas por tipo de suelo.

Cuando se trabajó en condiciones de los suelos Alíticos de baja fertilidad (Tabla7a), fue necesario de forma general la utilización de las mayores dosis de abono orgánico (relación 3:1) para lograr una micorrización más eficiente, indicando que para que ésta sea efectiva, se necesita de un mínimo de nutrientes que se logró con los aportes del suelo y del abono orgánico en relación 3:1. Sin embargo, cuando las dosis de abono orgánico fueron menores (s:hl 5:1), la micorrización no logró de forma general, superar la conducta del tratamiento de producción (suelo: humus 3:1).

En las condiciones de suelos Fersialíticos Pardos Rojizos (FsPR) de media fertilidad se logró un mayor efecto con la inoculación en los sustratos con relación suelo/abono orgánico (5:1), donde de forma general, se obtuvieron los mayores valores de área foliar e incrementos con relación a los testigos sin inocular (Tabla 7b). En estos suelos el efecto de la inoculación en el sustrato con la mayor dosis de abono orgánico (3:1) originó generalmente plantas más pequeñas que en 5:1 e inclusive en algunos casos menores a los obtenidos en el tratamiento testigo sin inocular.

El efecto positivo de la inoculación micorrizica se mantuvo en las condiciones de los suelos Pardos de alta fertilidad, siendo entonces la relación suelo: abono orgánico 7:1 donde de forma general se produjeron las mejores posturas de cafeto (Tabla 7c) y por

ende donde se dieron las condiciones más propicias para lograr una micorrización más efectiva ó eficientes.

El análisis de la respuesta a la inoculación con HMA en diferentes tipos de suelos permite expresar que existió una alta dependencia de la efectividad o eficiencia de la micorrización con el tipo de suelo, su fertilidad asociada y la relación de suelo/abono orgánico utilizada para conformar el sustrato en que crecen las posturas.

Se encontró que a medida que ocurrían incrementos en la fertilidad de los suelos se originaron las mayores eficiencias micorrízicas con las menores aplicaciones de abono orgánico. Es decir en suelos Alféicos de baja fertilidad, las condiciones más propicias para lograr un efecto positivo y significativo de la micorrización estuvieron asociadas a las mayores dosis de abono orgánico

(3:1), en los suelos de media fertilidad (FsPR) con la relación 5:1 y en los Pardos de alta fertilidad, con las menores aplicaciones de abono orgánico - suelo: humus 7:1. (Tabla 8).

Este resultado está en concordancia con los criterios más generales que relacionan la efectividad de la micorrización con un suministro subóptimo de nutrientes y alertan que fue necesario un mínimo de nutrientes para que la micorrización garantice los requerimientos nutricionales de las plantas; de no existir ese mínimo en el sustrato la micorrización no puede garantizar los requerimientos de la planta.

Tabla 8: Respuesta encontrada a la inoculación de la mejor cepa de HMA en la producción de área foliar expresada como I.E (%) según la fertilidad y las relaciones suelo:humus de lombriz (S:HL) en cada uno de los experimentos estudiados.

Expto.	Cepas de HMA.	Indices de Eficiencia (%) S: HL		
		3:1	5:1	7:1
	A	Baja Fertilidad		
9	G. clarum	140		
10	G.sp¹	147		
	FsPR	Media Fertilidad		
1	G. clarum	257		
2	G. clarum	-10	110	
3	CCN	-2	73	
	P	Alta Fertilidad		
4	G. fasciculatum		25	86
5	G. fasciculatum		15	27
6	G. fasciculatum		69	67
7	G. fasciculatum		70	67
8	G. fasciculatum		18	9

Leyenda:

A: Alíticos

FsPR: Suelo Fersialítico Pardo Rojizo

P: Suelos Pardos

En cuanto a la naturaleza de las cepas utilizadas, se presentó un buen comportamiento de las distintas especies utilizadas perteneciente a la familia *Glomaceae*. Estas según Barros (1987) y Sieverding (1991), poseen de manera general un amplio rango de distribución funcional, predominando en ecosistemas de alta y media fertilidad, donde resultan extremadamente eficientes y competitivas.

Por otra parte, se conoce que en la pared celular de las esporas e hifas de este género se encuentra con relativa abundancia el compuesto 1.3 β Glucano, formando parte de polisacáridos más complejos y presente además en hongos más evolucionados (**Ascomicetos**, **Basidiomicetos** y **Deuteromicetos**), el cual una vez reconocido e hidrolizado por ciertas enzimas de la planta, les puede activar y acelerar su mecanismo de germinación y crecimiento fúngico en general, de manera que se alcanza una inmediata colonización radical, debido a los propios mecanismos de reconocimiento planta-microorganismos. (Duc et al. , 1989).

Los microorganismos que conforman el orden *Glomales*, perteneciente a la clase *Zygomycetes*, son clasificados como hongos imperfectos o poco evolucionados, sin embargo las especies que integran la familia *Glomaceae* tienen características en su pared externa e interna hifal, así como en la pared de las esporas similares a los organismos más desarrollados, lo cual le confiere una mayor ventaja y rapidez en los mecanismos de infección, sobre los otros integrantes del orden citado anteriormente.

Por otra parte, Jabaji-Hare (1988) demostró que los mecanismos de germinación son acelerados por ciertas exoenzimas glucanasas secretadas por las plantas para hidrolizar la pared celular y de esta forma provocar una aceleración en los procesos de colonización fúngica radical.

Este fenómeno no se presenta con tanta intensidad en las otras familias componentes de este orden, debido a la carencia o menor abundancia de este compuesto en su pared celular, siendo los mecanismos de infección por lo general más lentos y dependientes sobre todo de los procesos químicos-microbiológicos normales del suelo (Gianinazzi-Pearson et al. , 1993).

En el caso de la especie *Glomus clarum*, prácticamente presentó muy buen comportamiento en todas las condiciones estudiadas. Su aplicación no sólo produjo efectos positivos sobre la producción de área foliar en las zonas de baja fertilidad, sino también en las condiciones de media y de alta fertilidad, con incrementos significativos que oscilaron entre 80 y 257 % en las combinaciones cepa-suelo: abono orgánico adecuadas por cada experimento.

La aplicación de esta cepa sólo no fue efectiva en el suelo Pardo del experimento 5, donde al parecer los altos niveles de fertilidad del mismo pudieron afectar el funcionamiento de esta cepa.

Otra de las cepas con muy buena respuesta agrobiológica resultó ser *Glomus fasciculatum*, estudiada solamente en los suelos Pardos (alta fertilidad) en las zonas de III Frente, Santiago y Veguitas-Jibacoa. En este caso siempre se encontró una respuesta positiva y estable a su inoculación, con incrementos en la producción de área foliar desde 18 hasta 86% con relación a los testigos sin inocular.

Además, el estudio de ciertas especies nativas aisladas previamente en la zona de la Felicidad, Provincia de Villa Clara (*Gl sp¹* y *Gl sp²*), arrojó un resultado positivo, presentando un buen comportamiento cuando se inocularon en condiciones edáficas muy similares a su origen.

También se estudió en algunas localidades la inoculación de *Acaulospora scrobiculata*, especie perteneciente a la familia *Acaulosporaceae*. Su aplicación fue analizada

siempre como criterio de comparación con otras cepas y a partir de los resultados encontrados por Barros, 1987, en donde su presencia de forma natural en el ecosistema fue importante, tomando además en consideración que eran suelos dedicados a la producción de café en Brasil, con características agroquímicas similares a algunos suelos presentes en éste trabajo.

En general su aplicación en los suelos de media fertilidad (FsPR) no produjo efectos positivos, pudiendo estar asociada por una parte, a la falta de especificidad de la cepa con las condiciones edáficas de los mismos, así como por una menor capacidad de colonización con respecto a las especies de *Glomus* aplicadas y caracterizadas por su rápido mecanismo infectivo.

Los mejores comportamientos de esta especie se encontraron en suelos Alíticos de baja fertilidad y tenores de Aluminio (Al) altos ($2.3 \text{ cmol. kg}^{-1}$ de suelo, Experimento 9 y 10), coincidiendo con los resultados reportados por Barros (1987) en donde plantea la ocurrencia de esta especie en suelos muy similares.

Así mismo, se evaluó en algunos experimentos el uso del concentrado de cepas nativas (CCN) (Herrera et al. , 1991), originando éstos efectos positivos en la mayoría de los casos, aunque de forma general inferior a los encontrados con la inoculación de cepas individuales.

Ciertamente éste es un enfoque que vale la pena evaluar y que cobra más importancia cuando no hay un conocimiento previo de las características de la zona. Sin embargo, la información obtenida parece indicar que los CCN no siempre originan los mayores efectos positivos y esto puede estar relacionado con una muy baja concentración de propágulos nativos, o bien que pese a ser típicos de la zona y presentar una mayor adaptabilidad y posible funcionalidad microbiana, no siempre signifique una mayor eficiencia micorrízica (simbiótica).

El efecto positivo del CCN sugiere que la concentración de propágulos en las condiciones experimentales parece ser inferior a la adecuada, lo que está en correspondencia con el éxito obtenido con la inoculación de especies micorrizógenas altamente eficientes en concentraciones adecuadas (inoculante comercial).

De forma general la respuesta a la inoculación es dependiente no sólo de la infectividad y eficiencia de la cepa aplicada, sino que además es consecuencia de la existencia y cantidad de propágulos nativos (Dodd y Thompson, 1994).

Algunas evaluaciones que se han hecho de éstos en los suelos dedicados a viveros de café han reflejado bajas concentraciones (Siqueira et al., 1987), no garantizándose una infección natural eficiente o en la proporción necesaria para provocar un buen nivel de infestación.

Por otra parte, al comparar los incrementos alcanzados sobre el desarrollo de las posturas de café con relación a los tratamientos testigos, por cada una de las cepas inoculadas, en los diferentes suelos; podemos asegurar que la intensidad de la micorrización estuvo muy relacionada con la fertilidad de los suelos estudiados, disminuyendo generalmente el efecto o incremento a medida que aumentaba la misma.

De esta manera el rango de incremento alcanzado en los suelos Alíticos de baja fertilidad fueron del orden de 23%-147%, en los suelos FsPR de fertilidad media de 4%-257% y en los suelos Pardos de alta fertilidad de 4%-86%.

Este fenómeno pudiera estar asociado a la propia economía celular, por lo tanto a medida que aumenta la disponibilidad de nutrientes del sustrato para las plantas, disminuye la necesidad de mantener un alto flujo energético en la simbiosis, disminuyendo de hecho la magnitud del efecto provocado por la misma, traducido este a su vez en un menor incremento sobre el desarrollo vegetal.

Estos resultados en general, están en concordancia con los criterios más generales de efectividad de la simbiosis en función del contenido de nutrientes y fundamentalmente del fósforo (Siqueira y Franco, 1988; Sieverding, 1991; Duke et al. , 1994; Miranda y Harris, 1994) y si bien la mayor parte de esta información relaciona la alta efectividad en presencia de bajos contenidos de P disponible en el suelo, evaluado como P inorgánico, todo parece indicar que en nuestro caso, al menos para las especies de *Glomus* estudiadas la cantidad de P disponible asociada con la máxima eficiencia no fue un valor tan bajo.

Por otra parte, Jayachandran et al. (1992), evidenciaron también la participación de las asociaciones micorrizógenas en la absorción de la fracción orgánica del fósforo, aunque no queda claro el mecanismo de acción.

La información experimental permite concluir, que el enfoque de inoculación de cepas previamente seleccionadas, bien sea por el conocimiento del área y de los requerimientos edáficos de las especies de HMA a emplear o por la existencia de aislamientos previos y basado siempre en evaluaciones experimentales sobre el comportamiento de las mismas en áreas similares, fue un enfoque adecuado para la introducción de estos microorganismos en la caficultura y en principio respondió al esquema general de manejo propuesto por Siqueira y Franco (1988) y reiterado posteriormente por Dodd y Thompson (1994), donde en presencia de cantidades bajas de propágulos naturales infectivos y para un cultivo “dependiente”, la inoculación con cepas eficientes y adaptables a las características del suelo debe ser una práctica exitosa.

2.2- Efecto de la inoculación de cepas de HMA por tipo de suelo y riqueza del sustrato sobre el funcionamiento fúngico de la simbiosis.

En la mayoría de los experimentos ejecutados se determinaron distintas variables fúngicas como fueron los porcentajes de infección radical (P.I), la masa del Endófito

Arbuscular (E.A) y el número de esporas totales (Anexo 2, Tablas 1a, 2a, 3a, 4a, 7a, 9a y 10a).

A continuación se presenta un análisis del efecto de la inoculación con las principales cepas de HMA estudiadas sobre el área foliar y las variables micorrízicas, presentándose además el comportamiento del testigo.

En la tabla 9 se puede apreciar el efecto de la aplicación de *Glomus clarum*; no sólo se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y los testigos en los sustratos estudiados, sino que los mayores valores en las variables micorrízicas fueron encontrados en aquellas relaciones suelo: abono orgánico en que se obtuvieron las mayores áreas foliares para cada experimento (Tablas 7 a, b, c).

Los datos sugieren que existe una estrecha relación positiva entre el efecto que ocasionó la inoculación sobre el funcionamiento fúngico en general y la respuesta en la producción de área foliar, constituyendo la variable micorrízica masa de Endófito Arbuscular (EA), el indicador fúngico más representativo para evaluar los comportamientos micorrízicos de las plantas de cafeto.

Esta variable expresa la intensidad infectiva del simbionte, tomando en consideración niveles visuales de ocupación fúngica en el interior radical a diferencia del simple cálculo de los porcentajes de colonización, (PI) que sólo tiene en cuenta la presencia o no del simbionte en la raíz, pero no cuantifica de hecho la magnitud de la colonización (Herrera et al. , 1995).

Tabla 9: Efecto de la aplicación de *Glomus clarum* sobre la producción de área foliar (A.F cm²), Porcentaje de Infección (P.I %), y masa del endófito arbuscular (E.A mg/ g suelo), así como los Índices de Eficiencia (I.E %) para cada variable en diferentes experimentos.

	A.F	I.E	P.I	I.E	E.A	I.E
Expto. 2	Suelo FsPR					
3:1	206.3 gh	-10.3	25.9 h	-32.5	8.26 gh	-20.9
5:1	481.1 a	110.0	49.5 a	29.0	19.94 a	84.76
T	229.2 fg		38.4 b		10.53 de	
Es x	13.9 ***		1.94 ***		1.23 ***	
Expto. 4	Suelo Pardo					
5:1	176.1 f	6.0	43.4 d	72.2	13.6 de	183.0
7:1	299.6 c	80.0	61.8 a	145.0	20.9 a	458.5
T	166.2 g		25.1 k		4.8 gh	
Es x	5.67 ***		1.11 ***		1.87 ***	
Expto. 9	Suelo Alítico					
3:1	138.83 a	140.0	41.4 a	36.0	31.62 a	161.0
5:1	33.61 ij	-42.0	22.7 e	-26.0	13.46 hi	-31.0
T	57.7 gh		30.5 d		19.56 de	
Es x	6.32 ***		0.45 ***		1.61 ***	
Expto. 10	Suelo Alítico					
3:1	210.3 b	143.0	48.6 b	54.7	37.20 a	79.5
T	86.3 de		31.4 e		20.73 c	
Es x	8.30 ***		0.77 ***		1.19 ***	

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relación de suelo: humus de lombriz utilizada en los distintos experimentos.

T: Tratamiento Testigo.

FsPR: Fersialítico pardo rojizo.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

La docimación de los diferentes tratamientos proviene de la interacción general de los experimentos ejecutados (Anexos).

En la medida que la inoculación resultó ser más eficiente, dado por los mayores valores de área foliar, se encontraron así mismos valores superiores de la masa del endófito arbuscular y por supuesto dependientes del tipo de suelo y de la relación suelo: humus de lombriz de los tratamientos.

La inoculación de *Glomus clarum* en suelos con condiciones de media y alta fertilidad, produjo los mayores valores de área foliar asociados a los mayores valores fúngicos, siendo en los experimentos 2 y 4 de $481.1 \text{ cm}^2 - 19.94 \text{ mg/g suelo}$ y $299.6 \text{ cm}^2 - 20.9 \text{ mg/g suelo}$, respectivamente.

Estos resultados se alcanzaron en aquellas combinaciones que tuvieron la mayor relación s:hl, o sea, en los tratamientos cuyos sustratos tenían los menores contenidos de nutrientes en cada experimento. Esta conducta fue similar a la reportada por Barea et al. (1991), donde encontraron como criterio general, que los HMA logran su mayor eficiencia y absorción de nutrientes en condiciones de suelo con menor disponibilidad de nutrientes o lo que es lo mismo, que de forma general contenidos altos de nutrientes en el suelo o sustrato disminuyeron la eficiencia de la simbiosis micorrízica (Packosky et al. , 1986a).

Sin embargo, esta misma cepa en condiciones de suelos de baja fertilidad (Exptos. 9 y 10) tuvo su mejor comportamiento en el sustrato más rico obtenido con la menor relación s: hl, obteniéndose de forma similar los mayores valores fúngicos pero en este caso con valores de E.A y área foliar de $31.62 \text{ mg/g suelo} - 138.83 \text{ cm}^2$ (Expto. 9) y $37.33 \text{ mg/g suelo} - 210.3 \text{ cm}^2$ (Expto. 10) respectivamente.

Este fenómeno estuvo directamente relacionado con los bajos niveles de nutrientes del suelo Alítico con que se prepararon los sustratos en los experimento en cuestión (Tabla 4), donde si bien se encontró una alta y positiva respuesta a la inoculación con la

aplicación de esta cepa, sin embargo los valores absolutos de área foliar alcanzados fueron muy inferiores a los obtenidos en los otros experimentos.

Es decir la respuesta a la micorrización como fenómeno relativo fue muy fuerte, sin embargo, las plantas presentaron índices absolutos de crecimiento inferiores a otros experimentos en que la propia respuesta relativa fue más baja. Esto no significa, que los mayores efectos de la micorrización están asociado con la obtención de posturas más pequeñas, sino que sugiere que la micorrización fue más eficiente como proceso, cuando se desarrolló en condiciones subóptimas de aportes de nutrientes y que este equilibrio depende de la cepa en cuestión.

No obstante en este caso (Exptos. 9 y 10) el sustrato debió tener mayores cantidades de nutrientes para asegurar un mejor suministro de los mismos vía micorriza y por ende obtenerse posturas con mayores valores de área foliar.

Otro aspecto interesante a tener en cuenta fue la diferencia entre los valores de endófito arbuscular obtenidos en las condiciones de suelos de media- alta fertilidad y los de baja fertilidad. Para el caso de esta cepa, la cantidad de endófito arbuscular necesario para alcanzar un determinado valor de área foliar fue menor para las zonas de media- alta fertilidad que para las de baja fertilidad, donde con valores superiores a 31 mg/g suelo, no se alcanzan valores superiores a 210cm² de área foliar.

Si bien en los dos casos se presentó una estrecha relación positiva entre el área foliar y las estructuras fúngicas, los valores óptimos de estructuras fúngicas encontrados en condiciones de suelos de media-alta fertilidad fueron menores que los valores óptimos encontrados en baja fertilidad, lo cual sugiere una relación directa con los contenidos de nutrientes.

Es decir en la medida en que los suelos fueron menos fértiles, parece que se necesitan más estructuras fúngicas para lograr una mayor eficiencia micorrízica.

En la tabla 10 se exponen los resultados alcanzados con la cepa *Glomus sp¹*, la cual al igual que en el caso anterior, produjo una respuesta positiva a su inoculación en los distintas variables estudiadas muy similar; aunque de forma general los valores absolutos encontrados tanto micorrízicos como de área foliar, fueron inferiores a los alcanzados por la cepa *Glomus clarum*.

En las condiciones de baja fertilidad (Exptos. 9 y 10) su aplicación produjo efectos positivos en la producción de área foliar (94.6 y 213.08 cm²) encontrándose con ésta cepa los mayores valores de endófito arbuscular en este tipo de suelo (27.1 y 38.9 mg/g suelo).

Este comportamiento puede ser explicable, si tomamos en consideración que la misma fue aislada de suelos con condiciones edáficas muy similares a los encontrados en los experimentos 9 y 10, lo cual puede favorecer su propio funcionamiento simbiótico.

En el caso de *Glomus fasciculatum*, cuya inoculación sólo se realizó en suelos Pardos, clasificados como de alta fertilidad, el comportamiento fúngico fue muy similar a los casos anteriores. Se encontraron diferencias significativas en cada uno de las variables en estudio entre los tratamientos inoculados y testigos (Tabla 11), poniéndose de manifiesto la estrecha relación existente entre la relación s:hl, la riqueza del sustrato, la producción de área foliar y los valores fúngicos.

Nuevamente en la combinación cepa-relación de sustrato más adecuada se presentaron los mayores valores para cada una de las variables estudiadas, afectándose el funcionamiento de la cepa al aumentar la riqueza del sustrato empleado.

En ambos experimentos, la mayor respuesta se encontró en el sustrato con menor aporte de abono orgánico (s: hl 7:1), que fue la que menor disponibilidad de nutrientes presentó en éstas condiciones (Tabla 5).

Tabla 10: Efecto de la aplicación de *Glomus sp1* sobre la producción de área foliar (A.F cm²), Porcentaje de Infección (P.I %) y masa del endófito arbuscular (E.A mg/g suelo), así como de los Indices de Eficiencia (I.E %) para cada una de las variables en diferentes experimentos.

	A.F	I.E	P.I	I.E	E.A	I.E
Expto. 2	Suelo FsPR					
3:1	249.7 ef	8.0	41.2 b	7.3	12.2 cd	16.2
5:1	346.8 bc	51.0	41.5 b	8.0	15.86 bc	51.4
T	229.2 fg		38.4 b		10.53 de	
Es x	13.9 ***		1.94 ***		1.23 ***	
Expto. 9	Suelo Alítico					
3:1	94.6 bc	63.0	37.3 b	22.3	27.06 bc	39.0
5:1	107.44 b	86.0	40.4 a	32.5	21.76 de	11.3
T	57.7 gh		30.5 d		19.5 de	
Es x	6.32 ***		0.45 ***		1.61 ***	
Expto.10	Suelo Alítico					
3:1	213.08 a	147.0	56.7 a	80.5	38.93 a	68.6
T	86.3 de		31.4 e		20.73 c	
Es x	8.30 ***		0.77 ***		1.19 ***	

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relación de suelo: humus de lombriz utilizada en los distintos experimentos.

FsPR: Suelo Fersialítico pardo rojizo T: Tratamiento Testigo.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

La docimación de los diferentes tratamientos proviene de la interacción general de los experimentos ejecutados (Anexos).

Tabla 11: Efecto de la aplicación de *Glomus fasciculatum* sobre la producción de área foliar (A.F cm²), Porcentaje de Infección (P.I %) y masa del endófito arbuscular (E.A mg/g suelo), así como de los Indices de Eficiencia (I.E%) para cada una de las variables en diferentes experimentos.

	A.F	I.E	P.I	I.E	E.A	I.E
Expto 4	Suelo Pardo					
5:1	207.4 b	25.0	41.1 e	63.7	16.0 cd	233.0
7:1	308.0 c	86.0	51.1 c	103.0	19.4 ab	304.16
T	166.2 g		25.1 k		4.8 gh	
Es x	5.67 ***		1.11 ***		1.87 ***	
Expto 7	Suelo Pardo					
5:1	502.6 a	69.0	41.1	12.6	20.2 ab	32.8
7:1	496.6 a	67.0	40.7	11.5	18.1 ab	18.7
T	297.5 d		36.5		10.2 gh	
Es x	21.35 ***		0.42 n.s		0.62 ***	

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relación de suelo: humus de lombriz utilizada en los distintos experimentos.

T: Tratamiento Testigo.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

La docimación de los diferentes tratamientos proviene de la interacción general de los experimentos ejecutados (Anexos).

Este efecto ya había sido apreciado anteriormente, lo que indica que la funcionalidad de la simbiosis micorrízica esta muy estrechamente ligada con la riqueza del sustrato en que se desarrolla.

En la tabla 12 se pueden apreciar los efectos encontrados con la inoculación de *Acaulospora scrobiculata*.

De manera general la aplicación de esta cepa en los suelos de Fersialítico Pardo rojizo y los Pardos de media y alta fertilidad respectivamente, produjo poco o ningún efecto sobre el desarrollo de las plantas, siendo sólo efectiva en los suelos Alíticos, clasificados como de baja fertilidad.

Al estudiar su comportamiento fúngico, se encontró que en las condiciones en que no produjo una respuesta agrobiológica positiva, los valores absolutos fúngicos siempre fueron inferiores a los del testigo, indicando esto una baja eficiencia micorrízica. Sólo presentó efectos positivos sobre el crecimiento y funcionamiento fúngico, cuando su inoculación se condujo en los suelos Alíticos (Experimento 9), en los cuales el proceso presentó una eficiencia superior.

La información así mismo sugiere que el proceso de colonización en los experimentos donde su aplicación no fue eficiente no debe interpretarse como un proceso infectivo fallido, sino al contrario ésta fue lo suficientemente agresiva y competitiva para mantener su presencia en el sistema radical aún en detrimento de la propia planta evidenciando además un fuerte proceso parasítico, ya que si la propia cepa no hubiera colonizado al cafeto, se debió encontrar entonces al menos un comportamiento fúngico similar al testigo no inoculado.

El análisis general del comportamiento fúngico de las distintas cepas indica que la colonización micorrízica en condiciones que puedan provocar una baja eficiencia en su desarrollo, conlleva a una menor reproducción o intensidad de sus estructuras en el interior radical y de hecho del funcionamiento de la simbiosis.

Estos resultados coinciden con los alcanzados por Fernández et al. , 1990 donde plantean que las especies naturales de un cafetal joven bajo condiciones edafoclimáticas desfavorables no desarrollan suficientes estructuras fúngicas radicales para mantener un equilibrio simbiótico, provocando esto un funcionamiento altamente parasítico.

El resto de las especies inoculadas si bien no tuvieron un efecto muy marcado tanto sobre los parámetros fúngicos como los de crecimiento, en algunos casos como los concentrados de cepas nativas o la aplicación de *Glomus occultum*, su uso fue muy puntual y por tanto no se tuvieron en cuenta para buscar un comportamiento general de las cepas inoculadas de HMA.

En la figura 1, se presenta el comportamiento de la variable masa del Endófito Arbuscular (EA) con respecto a los valores de área foliar en algunos de los sitios estudiados en la relación suelo: humus de lombriz que resultó más adecuada en cada experimento, obteniéndose dos situaciones muy bien definidas, una para las condiciones de alta y media fertilidad del suelo y otra en las de baja fertilidad.

En ambas condiciones en la medida que aumenta la masa del EA aumenta el crecimiento de las posturas, sin embargo los valores absolutos de EA en ambas condiciones fueron bien diferentes e inclusive indican que una interpretación de la variable EA no puede hacerse desconociendo la fertilidad del suelo.

Tabla 12: Efecto de la aplicación de *Acaulospora scrobiculata* sobre la producción de área foliar (A.F cm²), Porcentaje de Infección (P.I %), y masa del endófito arbuscular (E.A mg/g suelo), así como de los Índices de Eficiencia (I.E %) para cada una de las variables en diferentes experimentos.

	A.F	I.E	P.I	I.E	E.A	I.E
Expto. 2	Suelo FsPR					
3:1	301.8 d	32.0	35.2 c	-8.3	11.46 cd	9.5
5:1	213.6 fg	-7.0	34.2 e	-10.9	9.73 fg	-7.6
T	229.2 fg		38.4 b		10.53 de	
Es x	13.9 ***		1.94 ***		1.23 ***	
Expto. 3	Suelo FsPR					
3:1	270.0 c	5.1	35.4 e	-6.3	5.8 g	-58.0
5:1	242.0 c	-5.7	29.4 g	-22.2	9.5 ef	-32.0
T	256.8 c		37.8 d		13.9 cd	
Es x	0.07 ***		0.88 ***		0.69 ***	
Expto. 9	Suelo Alítico					
3:1	119.5 ab	107.0	40.3 a	32.1	32.32 a	66.0
5:1	71.7 ef	24.0	35.5 b	16.4	28.28 ab	45.1
T	57.7 gh		30.5 d		19.56 de	
Es x	6.32 ***		0.45 ***		1.61 ***	
Expto. 10	Suelo Alítico					
3:1	106.8 c	23.0	41.33 c	31.6	29.40 b	42.0
T	86.3 de		31.4 e		20.7 c	
Es x	8.30 ***		0.77 ***		1.19 ***	

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relación de suelo: humus de lombriz utilizada en los distintos experimentos.

FsPR: Suelo Fersialítico pardo rojizo. **T:** Tratamiento Testigo.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

La docimación de los diferentes tratamientos proviene de la interacción general de los experimentos ejecutados (Anexos).

Para condiciones de alta y media fertilidad (FsPR y Pardos) se observó una estrecha relación entre el EA y el área foliar, obteniéndose con los tratamientos testigos bajos valores de EA(4.4, 10.5, 4.8, 10.2 mg/g suelo), y de su área foliar, indicativos de una baja eficiencia micorrízica.

Los tratamientos inoculados con las cepas más eficientes originaron valores de EA entre 20-22 mg/g suelo, rango que se asocia con la concentración de estructuras fúngicas adecuadas para garantizar una óptima micorrización bajo éstas condiciones.

La inoculación con cepas no eficientes para las condiciones anteriores produjo incluso menores estructuras fúngicas que los propios testigos, indicando un franco parasitismo.

En condiciones de baja fertilidad, las masas de EA fueron mayores, alcanzando valores superiores a los 20 mg/g suelo para condiciones de infección nativa. En el caso de los tratamientos inoculados de mayor respuesta en la producción de área foliar, se presentaron valores de endófito que oscilaron entre 30-38.93 mg/g suelo, generalmente con valores menores de área foliar con relación a las condiciones de mayor fertilidad, lo que al parecer esta estrechamente relacionado con una menor disponibilidad de nutrientes.

Los datos sugieren que si bien la masa de EA es un indicador de la eficiencia de la simbiosis, su interpretación dependerá de las condiciones de fertilidad en que se produzca una determinada postura, no pareciendo depender del tipo de cepa en cuestión.

El hecho de que en condiciones de alta y media fertilidad los tratamientos inoculados que produjeron los mayores efectos sobre el crecimiento, presentaran plantas con mayor área foliar a expensas de menores valores de masa fúngica (EA), unido a su vez con valores bajos de EA en la infección natural y que en las condiciones de baja fertilidad, los tratamientos similares de inoculación eficientes conduzcan al establecimiento de un mayor número de estructuras fúngicas en el interior radical, reafirma que la masa del

Area Foliar cm²

- x- Expto 1
- + Expto 2
- ◆ Expto 4
- Expto 7
- ▲ Expto 9
- ◆ Expto 10

A-M Fertilidad

Baja Fertilidad

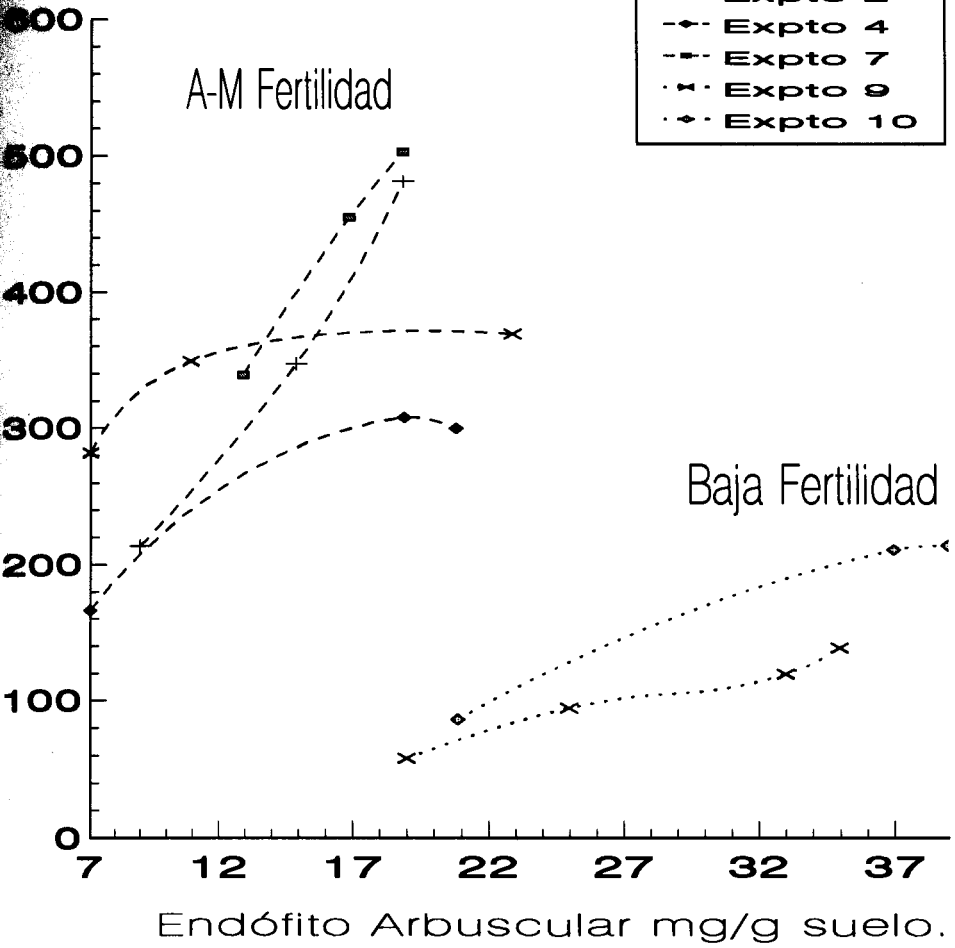


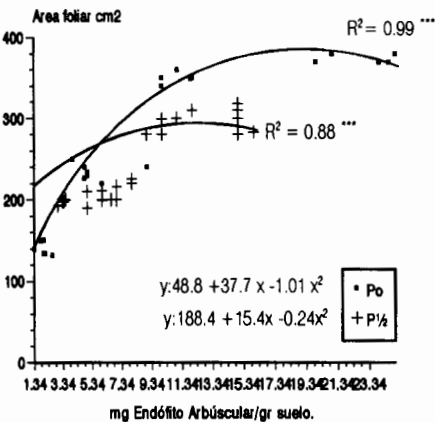
Fig 1. Valores de endófito arbuscular y área foliar de los tratamientos inoculados y testigo en la relación suelo:abono orgánico de mayor eficiencia micorrízica en diferentes experimentos.

EA resultó un buen indicativo del comportamiento de los HMA en las distintas condiciones de suelo en que se estudiaron.

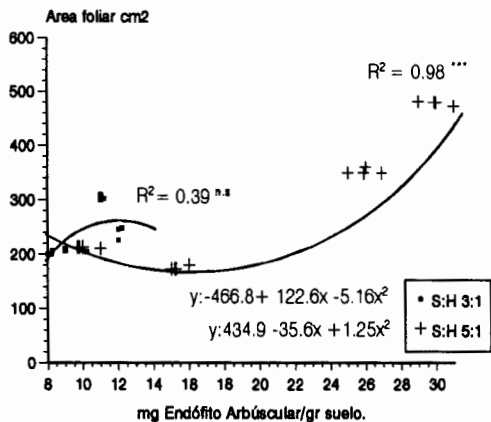
En la figura 2 se muestran las curvas de tendencia y ecuaciones de regresión (polinomio de 2^{do} grado) entre las variable fúngica EA (x) y la producción de área foliar (y) en cada una de las relaciones suelo: abono orgánico estudiadas en diferentes experimentos.

Se encontraron altas y significativas relaciones positivas entre las variables fúngicas evaluadas y la producción de área foliar en los diferentes experimentos, aunque los coeficientes de determinación y en definitiva el grado de asociación entre éstas variables dependieron de la relación suelo: abono orgánico y el tipo de suelo.

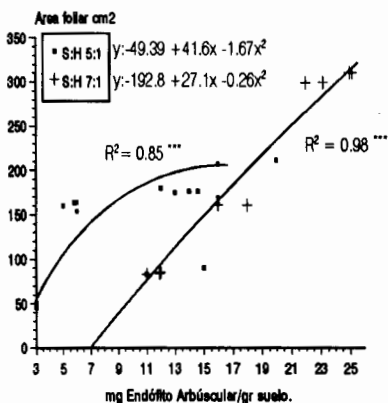
Las mayores relaciones entre ambas variables se encontraron en aquellos sustratos que resultaron los más adecuados para la producción de posturas de cafeto en cada tipo de suelo, siendo en los casos de alta y media fertilidad (Exptos. 4 y 1, 2 respectivamente), las relaciones con menor aporte de abono orgánico (7:1 y 5:1), donde no sólo se encontraron los mayores efectos agrobiológicos y buen comportamiento fúngico, sino que consecuentemente se encontraron los mayores coeficientes de determinación entre éstas variables, indicando que el crecimiento respondió en alta medida a la eficiencia de la micorrización.



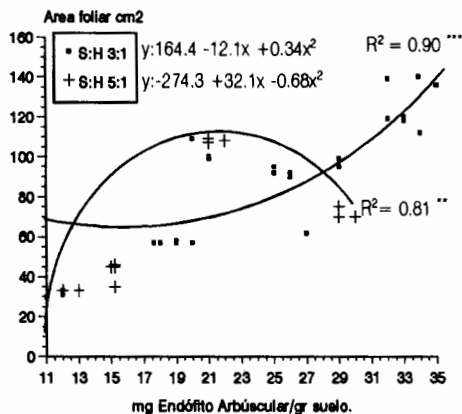
Expto 1.



Expto 2.



Expto 4



Expto 9.

Fig 2. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables Endófito Arbuscular (x) y Area Foliar (y) en los tratamientos inoculados con HMA y testigo en algunos experimentos.

Por otra parte en el suelo de baja fertilidad (Expto. 9), se alcanzó el mayor coeficiente de determinación en el caso del sustrato con mayor aporte de abono orgánico (3:1), que a su vez condicionó los mayores efectos de la micorrización sobre ambas variables, evidenciándose una fuerte relación entre la fertilidad del tipo de suelo, la relación de suelo/abono orgánico y la propia eficiencia micorrízica.

Por último se presentan algunos de los valores de esporas totales y peso de endófito obtenidos cuando se inocularon 3 cepas en tres de los experimentos (Tabla 13).

Si bien ésta evaluación no se realizó en todos los experimentos, los datos mostraron una tendencia definida en los siguientes aspectos:

- En condiciones de media fertilidad se producen más esporas que en las condiciones de baja fertilidad, obteniéndose así mismo diferencias significativas entre las cepas empleadas.
- De forma general la relación esporas/masa endófito arbuscular (EA) fue menor en la medida que la inoculación fue más eficiente, no obstante existió una fuerte diferencia entre los valores absolutos encontrados entre las condiciones de media y alta fertilidad.

El hecho de que la esporulación/EA se incrementó en la medida que nos alejamos de la condición que provocó la mayor eficiencia de la inoculación, está en concordancia con los criterios mas generales de este proceso expuestos por Herrera et al. (1988) y Sieverding (1991).

Tabla 13: Valores fúngicos encontrados en algunas cepas de acuerdo al tipo de suelo y condición de sustrato en donde se desarrollaron.

C	Experimento 1			Experimento 2			Experimento 9		
	E.A	Esp	E/EA	E.A	Esp	E/EA	E.A	Esp	E/EA
G.cla	Po 24.6 a	72.0 b	2.97	3:1 8.3 g	61.3a	7.38	3:1 31.6 a	35.6 b	1.12
	P½ 15.4 b	76.0 a	4.93	5:1 29.0 a	50.6 b	1.74	5:1 13.4 h	32.3 b	2.41
G.sp ¹	Po 11.9 b	55.6 f	4.67	3:1 12.2 c	52.0 b	4.26	3:1 27.1 b	41.6 a	1.54
	P½ 9.2 c	61.6 d	6.69	5:1 15.9 b	47.0 b	2.96	5:1 21.7 d	32.0 b	1.47
A.scr	Po 4.8 e	38.6 l	8.04	3:1 11.5 C	31.3 i	2.72	3:1 32.3 a	28.6 c	0.89
	P½ 6.6 e	41.6 k	6.30	5:1 9.7 f	25.0 j	2.57	5:1 28.3 a	16.0 e	0.56
T	4.4 e	38.6 l		10.5 d	47.0 b		19.5 d	15.6 e	
Es	4.4***	2.0***		1.2***	1.2***		1.6***	1.9***	

Leyenda:

Po, 3:1 y 5:1: Dosis de fertilización fosfórica y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

G.cla: *Glomus clarum*

G.sp¹: *Glomus sp¹*

A.scr: *Acaulospora scrobiculata*

E.A: Endófito arbuscular (mg/g suelo)

Esp: Esporas totales/50 gramo de suelo.

E/EA: Relación Esporas / masa de Endófito arbuscular.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Este comportamiento no sólo fue consecuencia del propio desarrollo de la simbiosis, la que implica una producción sostenida de esporas durante el proceso de desarrollo de la asociación, sino que en lo fundamental fue indicativa de una respuesta a situaciones de estrés, creada por distintas causas como pueden ser desbalances nutricionales por defectos o excesos de nutrientes, lo que conlleva a una menor eficiencia simbiótica o signos de una unión planta-microorganismo del tipo parasítica.

En la tabla 14 se observan los coeficientes de regresión y de determinación obtenidos en el análisis de regresión entre las variables Esporas/EA y área foliar en diferentes experimentos.

Los coeficientes de regresión negativos expresan que a medida que aumenten los valores de la relación No Esporas/EA disminuyen los valores de área foliar en las posturas de cafeto y viceversa, lo cual es explicable de acuerdo con el modelo del comportamiento de la eficiencia micorrizógena, que fue descrito por Bethlenfalvay (1986) y citado por Fernández et al. (1997).

Este modelo expresa, que a medida que ocurra una mayor producción de esporas por parte de los HMA, y a su vez esto corresponda con valores bajos de ocupación fúngica (masa del EA), indica un comportamiento fúngico en la planta, parasítico o cierta característica de saprofitismo lo cual ha sido planteado por algunos autores bajo determinadas condiciones edafoclimáticas.

Por otra parte en el caso de condiciones que originen menores valores de la relación Esporas/EA (menor número de esporas y mayor desarrollo micorrízico), el coeficiente de regresión negativo conlleva a altos valores de área foliar todo lo cual indica una mayor eficiencia micorrízica y mayor efecto agrobiológico de la inoculación.

Tabla 14. Coeficientes de regresión (b) y determinación (R^2) calculados entre la Relación No Esporas.g⁻¹/E.A y la variable área foliar en las mejores combinaciones cepa-sustrato en algunos de los experimentos ejecutados.

Exptos	R^2	B
1	0.99 ***	- 58.2
2	0.42 n.s	- 57.0
4	0.99 ***	- 210.0
7	0.92 ***	- 15.0
9	0.99 ***	- 91.0

Leyenda:

R^2 : Coeficientes de determinación.

b: Coeficientes de regresión.

No obstante la limitación de estos métodos fúngicos para poder diferenciar entre los componentes nativos del sustrato y las especies introducidas, así como para evaluar las diferencias en eficiencia, no es menos cierto que complementa la información, permitiendo caracterizar el proceso de micorrización y relacionar los efectos encontrados sobre el crecimiento de las plantas con el mecanismo biológico de la micorrización, cuya primera etapa es el proceso infectivo.

2.3. - Efecto de la inoculación de cepas de HMA por tipo de suelo y riqueza del sustrato sobre los contenidos nutricionales de las posturas de café.

Hasta este momento se ha podido constatar el efecto positivo del uso de las asociaciones micorrízicas sobre el crecimiento de las posturas de café a través de la producción de área foliar, dejándose establecido así mismo que una micorrización eficiente está asociada con una cantidad óptima de estructuras fúngicas, obteniéndose una alta relación entre inoculación-estructuras fúngicas- área foliar, lo cual indica el papel decisivo de este fenómeno en el crecimiento de las posturas de café.

Sin embargo, no ha quedado claro mediante que mecanismos o procesos es que se logra el efecto positivo sobre el crecimiento. Uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista de funcionamiento y eficiencia de las micorrizas es el papel que desempeñan en los mecanismos de absorción de los nutrientes y de hecho directamente en la propia nutrición vegetal.

Por esto una de las variables que pueden precisamente evaluar la calidad o eficiencia de una determinada infección micorrízica son sin duda los tenores de nutrientes que se alcanzan en los distintos órganos de la planta, fundamentalmente el Fósforo (Marschner y Dell, 1994).

Este es uno de los elementos cuyo proceso de absorción se asocia con mayor claridad al funcionamiento de la simbiosis micorrízica, ya que de hecho gran parte de la absorción y traslocación del P hacia la planta, se realiza a través de las hifas de los HMA, incidiendo éstas directamente sobre la absorción de los nutrientes como el ión fosfato que presentan poca movilidad en el suelo y por tanto dependen de los mecanismos de difusión para ser tomados por la planta. Por supuesto en la medida que la disponibilidad de P fuera menor en el suelo, la planta necesita más de la micorrización para lograr las cantidades necesarias del nutriente.

Estos aspectos quedaron demostrados por autores como Brady (1984), Dexheimer et al. (1986) y Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi (1986); siendo el fósforo el metabolito clave en el intercambio hongo-célula vegetal.

Para el caso de elementos como el Nitrógeno y el Potasio que se mueven en el suelo por efecto de masa, la micorrización no debe ser imprescindible ni desempeñar un papel decisivo en el proceso de absorción de estos nutrientes aún en condiciones de menor disponibilidad, sin embargo si la planta está micorrizada no hay dudas de que ellos sé traslocan a través de las hifas y de hecho la propia inoculación con cepas eficientes

conlleva a importantes incrementos en la absorción de estos elementos u otros. (Barea et al. , 1991; Strullu, 1991).

En el anexo 2, tablas 1b, 2b, 4b y 9b se puede apreciar la interacción AxBxC encontrada entre los diferentes factores en estudio sobre la nutrición nitrogenada, fosfórica y potásica de las plantas expersado através de los contenidos foliares.

En cada uno de los experimentos y para cada elemento estudiado, se presentaron interacciones significativas entre los distintos factores en estudio, destacándose que los mayores tenores de los distintos elementos, se encontraron en aquellas combinaciones que conllevaron a una mayor eficiencia de la micorrización, dada por la inoculación de determinadas cepas en las condiciones más adecuadas de relación suelo/humus de lombriz y tipo de suelo.

A continuación se presentan los valores foliares de N, P y K (%) correspondiente a las mejores combinaciones de cepa-sustrato y los tratamientos testigos de diferentes experimentos (Tabla 15).

Tabla 15: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las mejores combinaciones cepas de HMA-sustrato y los tratamientos testigos en diferentes experimentos.

Exptos	Cepas	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
1 Po	G. clarum	3.5 a	0.30 ab	3.2 a	369.2 a
	G.sp1	2.9 b	0.32 a	2.9 b	349.5 cd
	Test.	1.7 ij	0.18 de	1.3 l	103.4 i
	Es x	0.08***	0.004***	0.037***	5.89***
2 5:1	G. clarum	3.0 a	0.37 a	2.5 a	481.1 a
	G.sp1	2.1 e	0.31 d	2.0 b	346.8 bc
	Test.	1.7 i	0.21 j	1.2 h	229.2 fg
	Es x	0.1***	0.007***	0.1***	13.9***
4 7:1	G. clarum	1.6 h	0.24 e	1.7 fg	299.6 c
	G. fasciculatum	2.7 c	0.29 d	2.2 c	307.7 c
	Test	1.2 l	0.15 j	2.0 l	166.2 g
	Es x	0.07***	0.009***	0.077***	5.6***
9 3:1	G. clarum	1.8 a	0.14 a	1.3 a	138.8 a
	Ac. scrobiculata	1.7 b	0.13 b	1.3 a	119.5 ab
	Test.	1.0 e	0.10 d	1.0 d	57.7 ghi
	Es x	0.04***	0.005***	0.02***	6.32***

Leyenda:

Po, 3:1, 5:1 y 7:1: Menor dosis de fertilización fosfórica (Experimento 1) y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Generalmente los valores absolutos de los contenidos foliares de las mejores combinaciones cepa-sustrato fueron similares en los diferentes experimentos estudiados, a excepción del experimento 9, donde no sólo se encontraron tenores foliares muy bajos, lo que está en correspondencia con la baja fertilidad del suelo (Tabla 4 y 5), sino que además se evidenció una pobre producción de área foliar y por ende una calidad inferior de las posturas de cafeto.

La micorrización a través de la inoculación con las cepas seleccionadas, influyó de manera positiva en la absorción de los nutrientes, evidenciando una estrecha relación entre la eficiencia simbiótica con el crecimiento de la postura y la absorción de nutrientes.

En el caso de los tratamientos testigos las plantas o bien no están aprovechando eficientemente los nutrientes o se hace necesario incrementar los aportes de éstos en ausencia de una micorrización eficiente, pues los incrementos nutricionales de las combinaciones inoculadas con las cepas eficientes de HMA indican, que éstos no fueron suficientes en dichos tratamientos como se muestra en la figura 3.

En el experimento desarrollado en suelo Alítico (baja fertilidad) aún cuando la inoculación conllevó a incrementos significativos en el área foliar en comparación con el testigo, el hecho de que los tenores foliares obtenidos en las plantas micorrizadas fueran muy inferiores a los encontrados para sus similares en los suelos FsPR y Pardos de media y alta fertilidad, indica que en condiciones de baja fertilidad parecen ser necesarios mayores aportes de nutrientes aún en presencia de la inoculación para obtener plantas más vigorosas.

El efecto de la inoculación con cepas de HMA sobre la nutrición mineral se presenta en la fig. 3 a través de los índices de eficiencia obtenidos para cada tenor foliar (%N, %P,

%K) en las mejores relaciones suelo/abono orgánico por tipo de suelo de diferentes experimentos.

El comportamiento en la nutrición estuvo en correspondencia con el efecto encontrado sobre el crecimiento de las posturas y ocupación fúngica. La inoculación con distintas cepas del género *Glomus*, originó siempre incrementos importantes en la absorción de los nutrientes (concentración foliar) en relación con el testigo no inoculado, no encontrándose diferencias importantes entre el efecto originado sobre uno u otro elemento.

En el caso específico de la inoculación con *Acaulospora scrobiculata*, (Fig. 3), se presenta el efecto positivo encontrado sobre la nutrición mineral en el Experimento 9, en el cual la inoculación ocasionó también un importante efecto agrobiológico.

En la figura 4 se muestran las curvas de tendencia y ecuaciones de regresión (modelo polinomio de 2^{do} grado) entre el contenido de N (%) foliar (x) y la producción de área foliar (y) en las variantes inoculadas y los tratamientos sin inocular. En todos los experimentos se encontró una estrecha relación entre las dos variables, con coeficientes de determinación superiores a 0.90***, lo que evidencia que la producción de área foliar es explicada entre otras causas producto del incremento en la absorción del elemento N.

Este efecto se mantuvo para el caso de la variable P, donde aparece un comportamiento similar al anterior, con coeficientes de determinación que están en el rango de 0.67*** hasta 0.99*** (Fig. 5).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Siquiera et al. (1993), en donde las plantas de cafeto (posturas) inoculadas con *Glomus clarum* y *Gigaspora margarita*, obtuvieron una mayor concentración de P foliar.

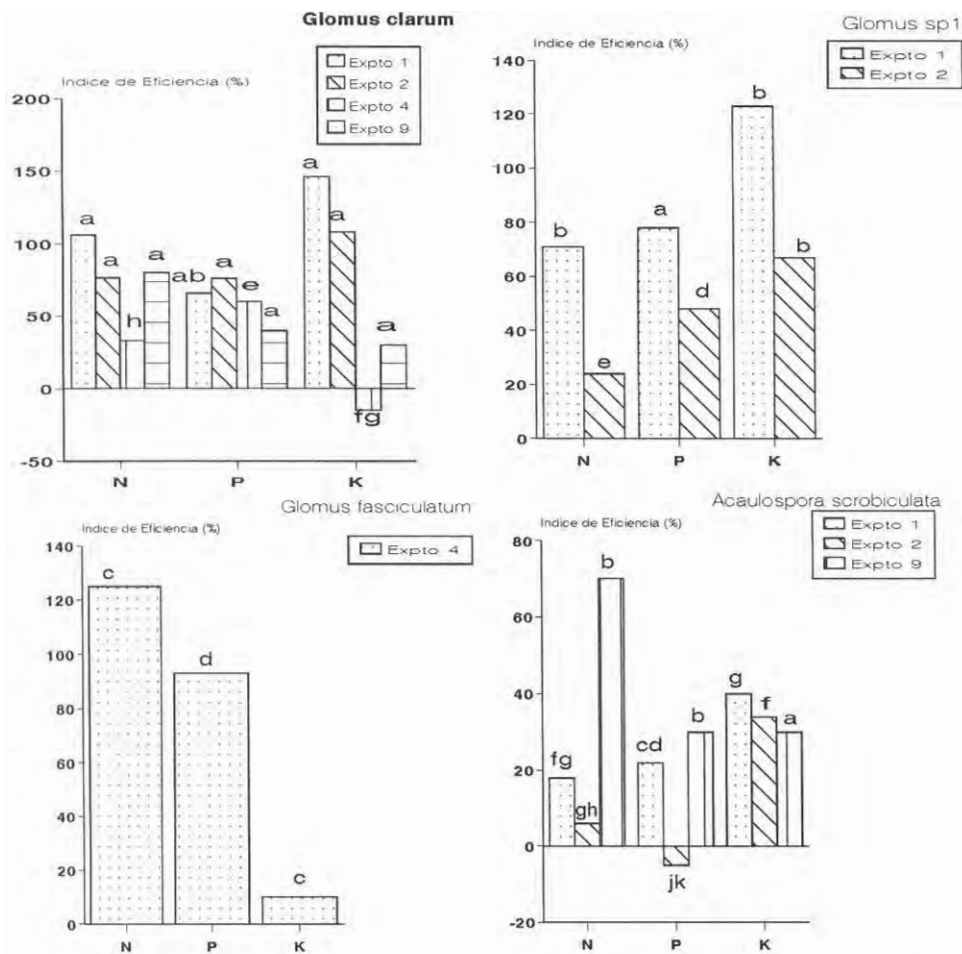
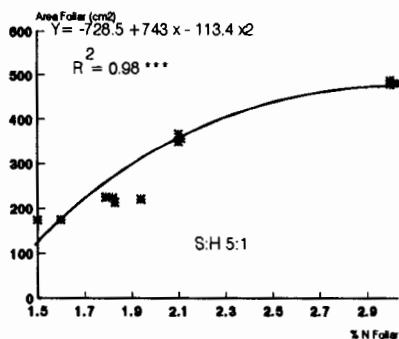
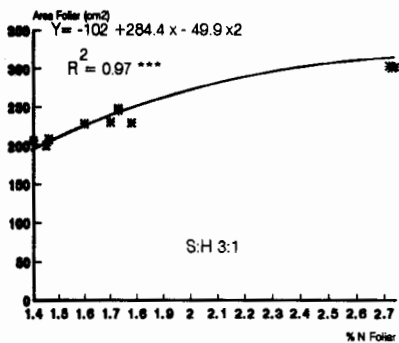
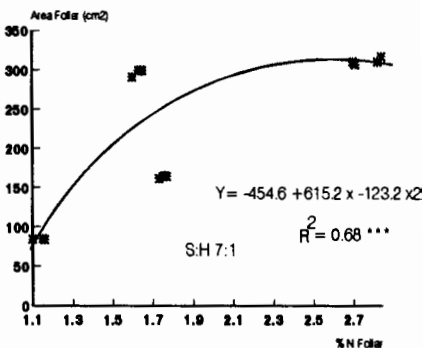
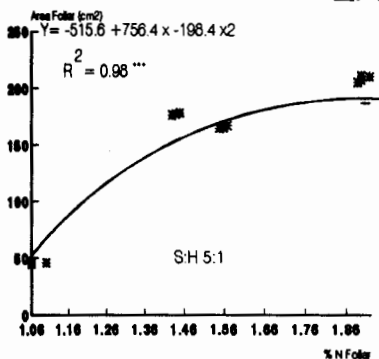


Fig 3. Efecto de la inoculación de distintas cepas de HMA sobre los Indices de Eficiencia foliares en la relación suelo;abono orgánico más adecuada para la micorrización.

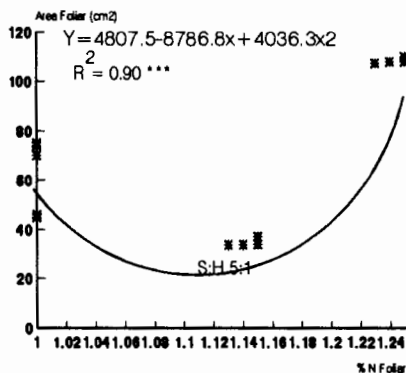
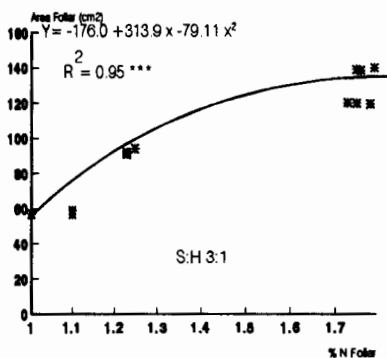
Nota: La docimación empleada corresponde a cada uno de los experimentos por separado



EXPTO. 2

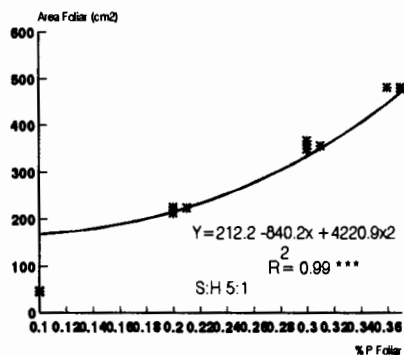
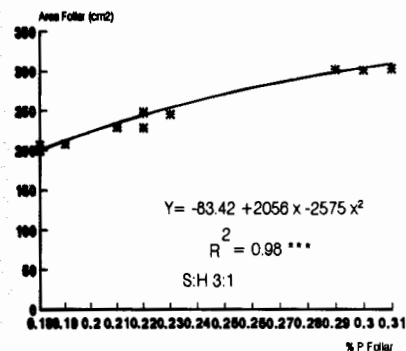


EXPTO. 4

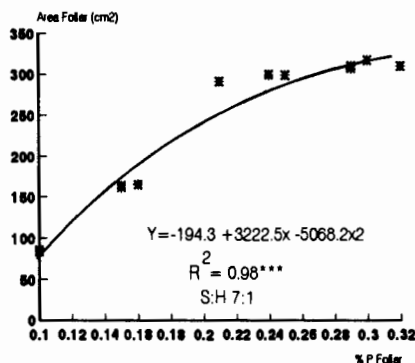
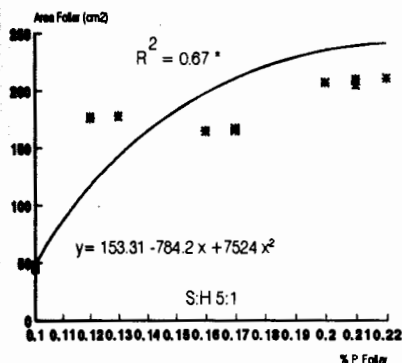


EXPTO. 9

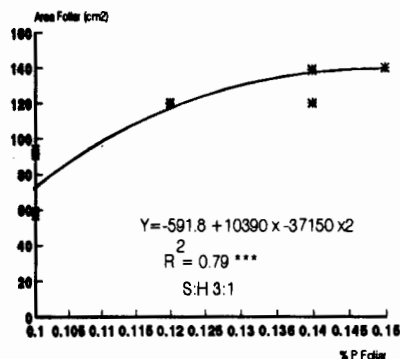
Fig 4. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables % de N(x) y Area foliar (y) en los tratamientos inoculados con HMA y testigos en algunos experimentos.



EXPTO. 2



EXPTO. 4



EXPTO. 9

S:H 5:1
?

Fig.5 Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables % de P (x) y Area foliar(y) en los tratamientos inoculados con HMA y testigos para cada sustrato en diferentes experimentos.

Este elemento como se planteo anteriormente esta íntimamente unido al funcionamiento micorrízico de las cepas, siendo su incremento en la concentración de las plantas inoculadas con respecto al testigo una medida de la eficiencia micorrízica, pues resulta el elemento fundamental de intercambio por energía (azúcares) en la interfase planta-hongo.

Éste se puede almacenar, sobre todo en el genero *Glomus* en gran medida, debido a que forma vesículas, las cuales constituyen órganos de reserva que pueden almacenar en su interior, importantes volúmenes de fosfolípidos y pirofosfatos, que llegado el momento pueden ser trasladados a los arbusculos o formar esporas de resistencia.

Para el caso del elemento K (Fig. 6), además de que se pudieron apreciar contenidos superiores en los tratamientos inoculados, existió también una alta relación entre los incrementos en la nutrición potásica ocasionado por la micorrización y los incrementos en la producción de área foliar de las posturas, obteniéndose coeficientes de determinación significativos en todos los experimentos con valores similares a los casos anteriores.

Las altas y significativas relaciones encontradas entre el área foliar y cada uno de los tenores foliares en éstos experimentos, con independencia de la relación suelo: abono orgánico, indica que al menos en éstas condiciones el estado nutricional fue un aspecto determinante que condicionó el desarrollo de las plantas, infiriéndose que una micorrización eficiente conllevó a plantas más vigorosas (mayor área foliar) y con mejores contenidos nutricionales.

Se estudio además la relación entre el desarrollo de la masa del Endófito arbuscular (x) y los contenidos de nutrientes (y), para lo cual se realizaron curvas de tendencias y ecuaciones de regresión (modelo polinomio de 2^{do} grado) para cada una de las relaciones suelo: abono orgánico utilizados en diferentes experimentos .

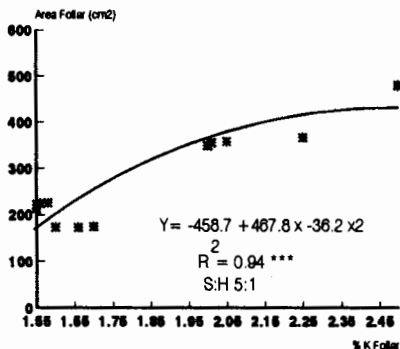
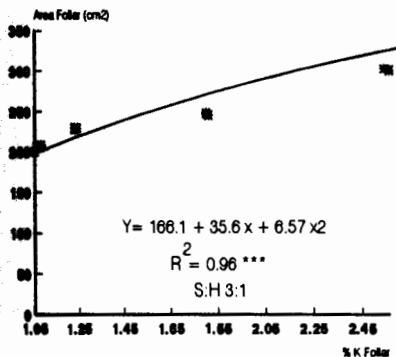
En las figuras 7, 8, y 9 se puede apreciar como en cada experimento se encontraron altos y significativos coeficientes de determinación entre la masa del endófito arbuscular y los contenidos de nutrientes, obteniéndose precisamente los mayores coeficientes de determinación en aquellas relaciones suelo: abono orgánico que permitieron una micorrización eficiente en cada experimento.

Es de destacar que de forma general las relaciones entre el EA y los contenidos foliares, dejan de ser significativas cuando en cada experimento se pasa de la relación suelo: humus de lombriz adecuada para la micorrización a la no adecuada.

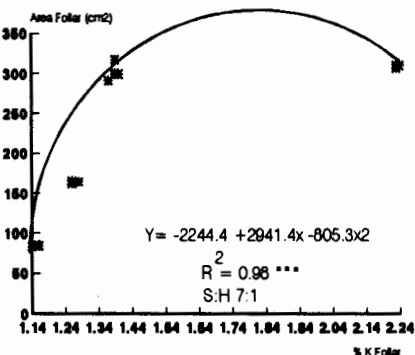
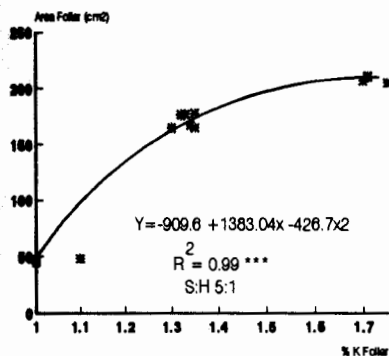
Lo anterior indica el papel significativo de las micorrizas en la nutrición mineral de las posturas de cafeto. Esta relación significativa se presentó en aquellas condiciones de sustrato-suelo que permitieron una mayor eficiencia de la micorrización.

El propio hecho de que para todos los elementos estudiados se obtuvieron relaciones significativas con el endófito arbuscular, indicó que la micorrización participó activamente en el proceso de absorción de los diferentes nutrientes, aunque la comparación de los coeficientes de determinación y su significación puede interpretarse como que existió un ligero efecto superior sobre la nutrición fosfórica.

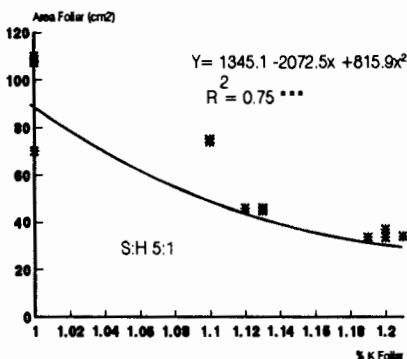
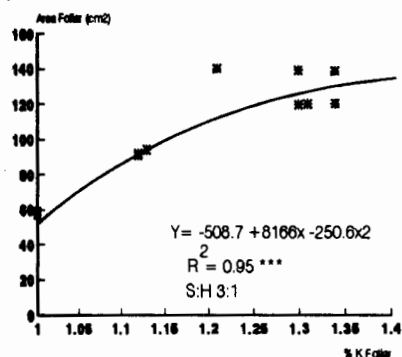
Estos resultados corroboran la estrecha relación existente entre los procesos infectivos, las concentraciones de nutrientes, en especial el P y la producción de área foliar, los cuales de una forma u otra habían sido encontrados en cafeto por Siqueira et al. (1993) y Saggin-Junior et al. (1994).



EXPTO. 2

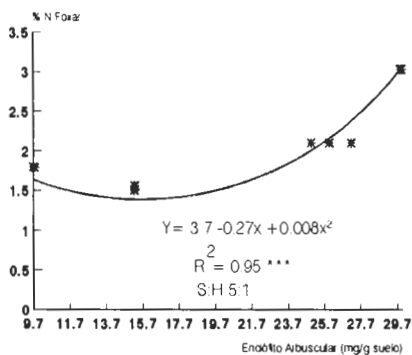
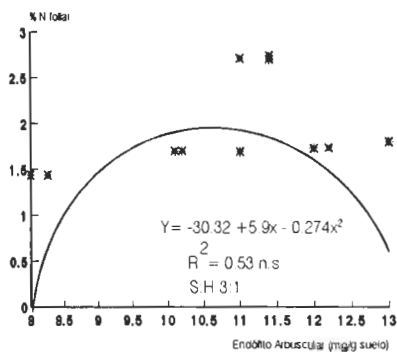


EXPTO. 4

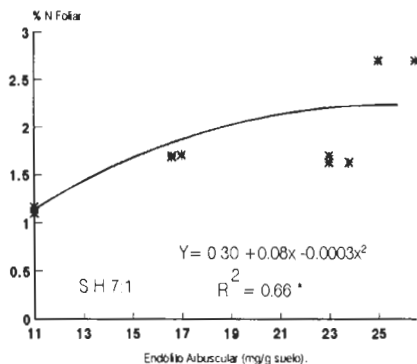
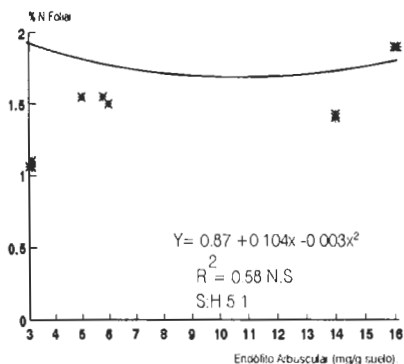


EXPTO. 10

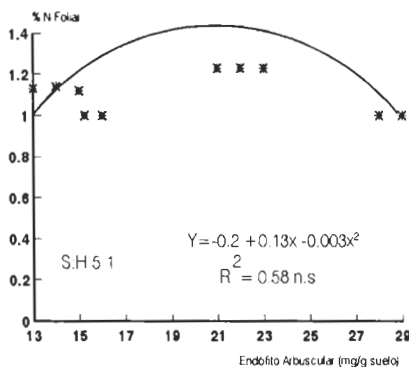
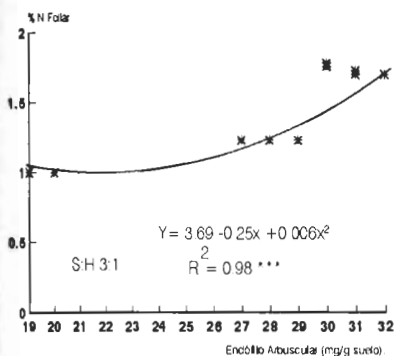
Fig.6. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre el % de K (x) y el Area foliar(y) en los tratamientos inoculados con HMA y testigo para cada sustrato en diferentes experimentos.



EXPTO. 2

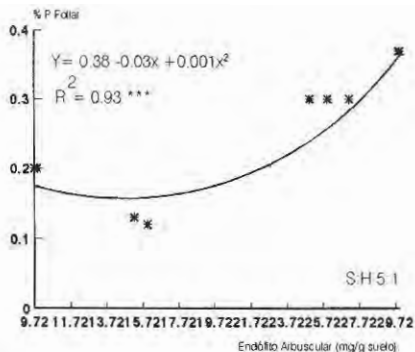
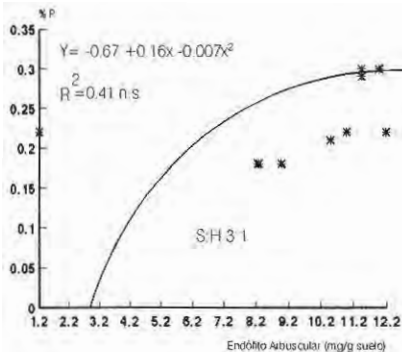


EXPTO. 4

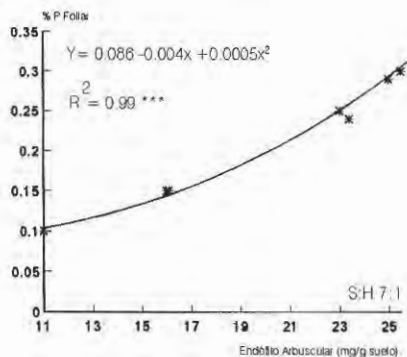
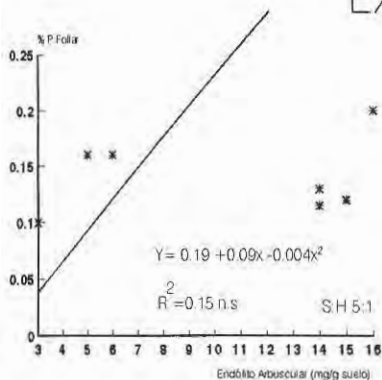


EXPTO. 9

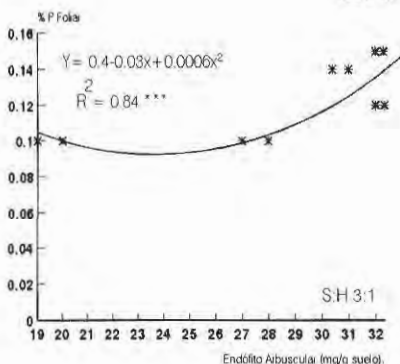
Fig.7. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables Endofito Abuscular (x) y el % de N (y) de las variantes inoculadas con HMA y testigos para cada sustrato en diferentes experimentos.



EXPTO. 2



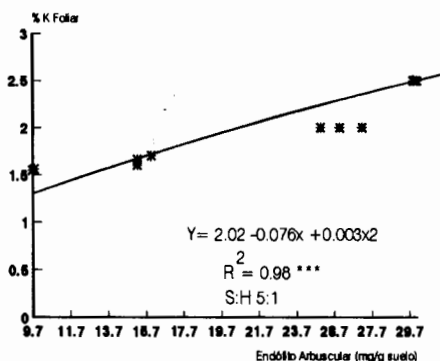
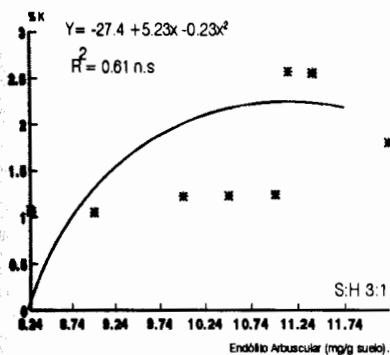
EXPTO. 4



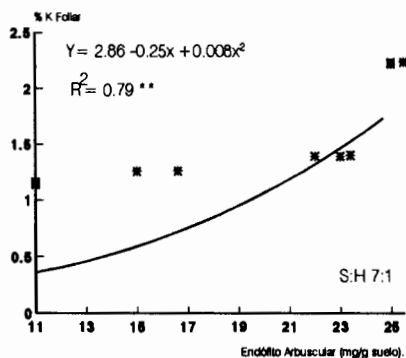
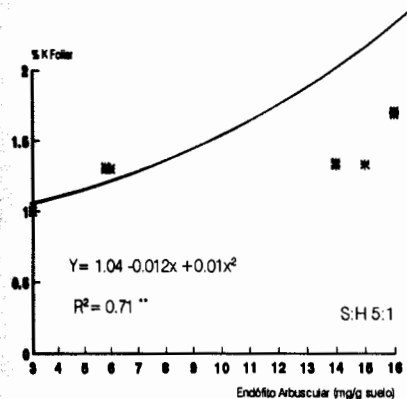
5:1 y 5:1
 ?

EXPTO. 9

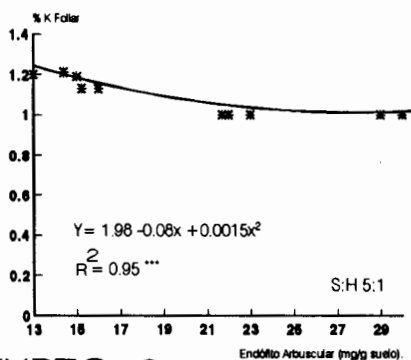
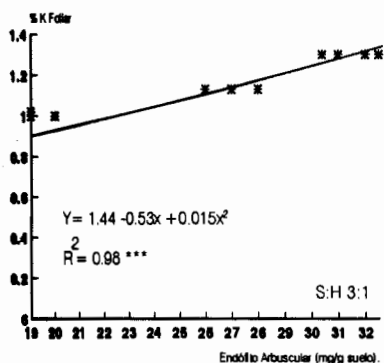
Fig 8. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables Endófito arbúscular(x) y % de P (y) en los tratamientos inoculados con HMA y testigos para cada sustrato en diferentes experimentos.



EXPTO. 2



EXPTO. 4



EXPTO. 9

Fig. 9. Curvas de tendencia y ecuaciones de regresión entre las variables Endófito Arbuscular(x) y % de K foliar(y) de los tratamientos inoculados con HMA y testigo para cada sustrato en distintos experimentos.

La inoculación de cepas eficientes de HMA por tipo de suelo y relación suelo/abono orgánico produjo así mismo un incremento significativo en la nutrición mineral de las posturas expresadas en mayores contenidos de nutrientes (NPK), obteniéndose, además, altas y significativas relaciones entre el área foliar de las posturas, los valores de funcionamiento fúngico (EA) y sus correspondientes índices nutricionales, lo que permite plantear que en éstos experimentos una de las vías principales del efecto agrobiológico de la micorrización lo fué a través de mejoras en la absorción de los nutrientes.

3. Efecto de las coinoculaciones de rizobacterias, *Azotobacter chroococcum* (RECV) y *Pseudomona fluorescens* (RSF), con HMA en la producción de posturas de cafeto.

3.1 Inoculación simple y combinada de *Azotobacter chroococcum* con HMA.

La respuesta del cafeto frente a la aplicación simple o coinoculado de *Azotobacter chroococcum* con HMA resultó muy interesante y estrechamente ligado a la disponibilidad de nutrientes de los sustratos utilizados (fertilidad asociada al tipo de suelo y aporte por el abono orgánico empleado).

En la mayoría de los casos la aplicación simple de esta bacteria promovió ligeros efectos positivos al compararla con los resultados alcanzados por el tratamiento testigo, presentando además un efecto menor que los encontrados con esta rizobacteria en otros cultivos (Martínez-Viera et al. , 1992) y en ninguno de los casos por sí solo, logra superar el efecto encontrado con la aplicación de las cepas más adecuadas de HMA, lo que al parecer debe ser una consecuencia del tipo de asociación y dependencia que se establece en cada caso (Fig. 10)

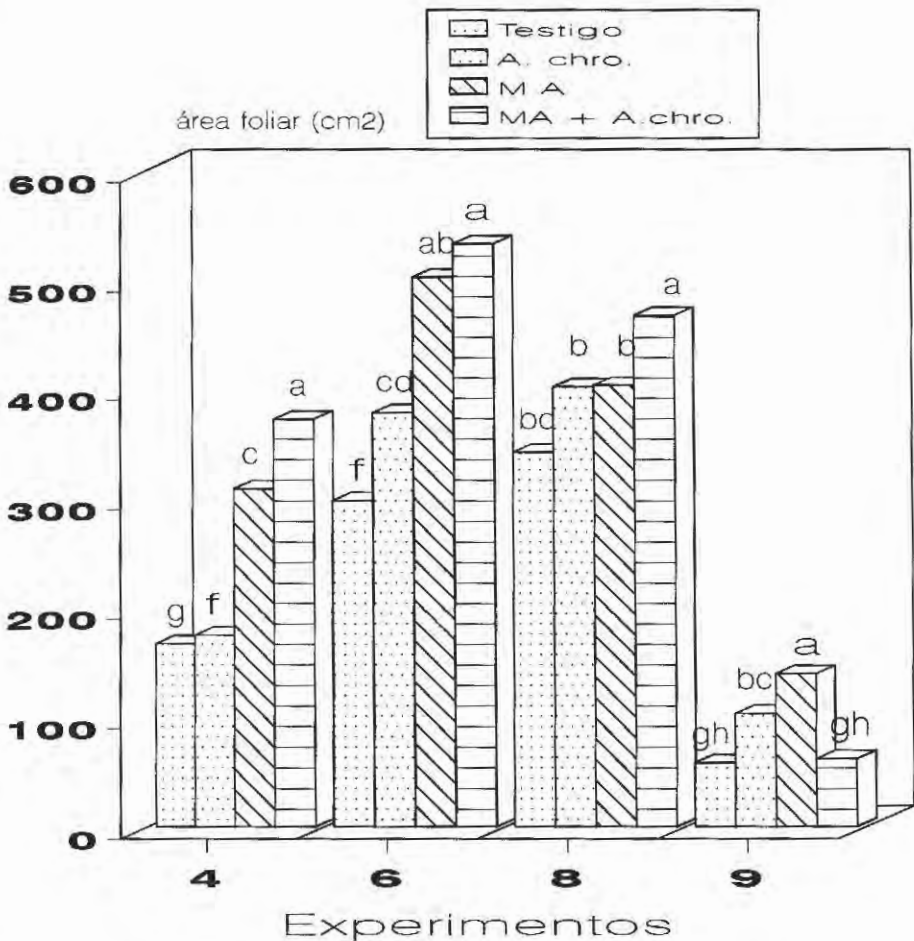


Fig 10. Efectos de la aplicación de HMA, A. chroococcum y su coinoculación sobre el área foliar en las mejores relaciones suelo:abono orgánico de los diferentes experimentos.

Nota: La docimación empleada pertenece a cada experimento por separado.

Tabla 18: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las combinaciones de *Glomus clarum* y los tratamientos testigos en presencia o no de *Azotobacter chroococcum* en los experimentos 4 y 9.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
4	5:1 R	2.2 d	0.30 c	2.0 d	382.3 b
	5:1	1.4 j	0.12 k	1.3 gh	176.1 f
	7:1 R	3.1 b	0.33 a	2.4 b	402.6 a
	7:1	1.6 h	0.24 e	1.4 fg	299.6 c
	Test R	1.2 k	0.16 i	1.2 j	174.0 f
	Test	1.1 l	0.15 j	1.0 l	166.2 g
	Es x	0.06***	0.009***	0.07***	5.67***
9	3:1 R	1.7 b	0.13 b	1.3 a	61.6 gh
	3:1	1.8 a	0.14 a	1.3 a	138.8 a
	5:1 R	1.0 e	0.10 d	1.1 c	33.6 ij
	5:1	1.1 d	0.10 d	1.2 b	21.6 j
	Test R	1.0 e	0.10 d	1.0 d	102.4 bc
	Test	1.0 e	0.11 c	1.0 d	57.7 ef
	Es x	0.03***	0.005***	0.02***	6.3***

Leyenda:

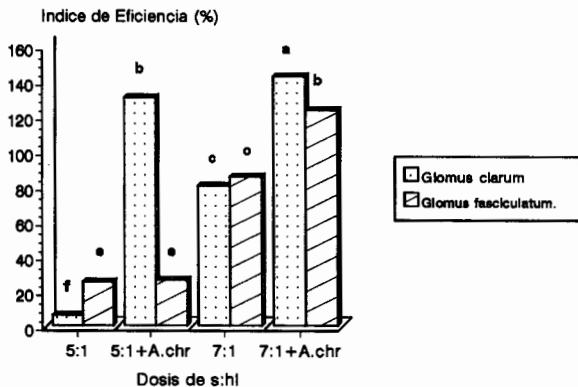
3:1, 5:1 y 7:1: Relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

R: *Azotobacter chroococcum*

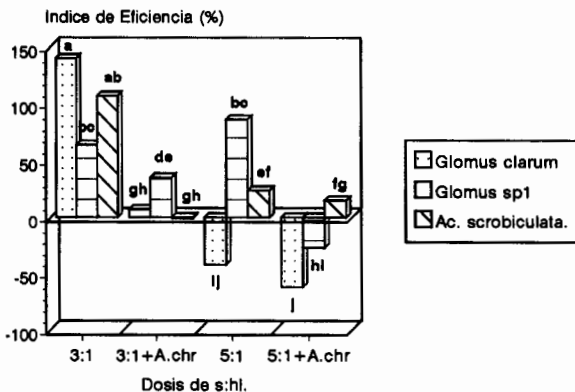
Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).



Experimento 4.



Experimento 9

Fig 11. Efectos encontrados en la aplicación de algunas cepas de HMA y la coinoculación con *A.chroococcum* sobre los Indices de Eficiencia del área foliar en los Exptos. 4 y 9.

Sin embargo, otra fue la situación presentada cuando se aplicó en forma combinada con los HMA, donde al parecer dependiendo de la fertilidad del sustrato, se logró incrementar el efecto positivo alcanzado por éstos, sugiriendo, que la acción de las asociaciones micorrízicas posiblemente puede estar potenciada como resultante de una interacción mutualista y complementaria entre ambos microorganismos.

En la tabla 16 y la figura 11, se observa el efecto provocado por la aplicación simple y coinoculación de las mejores cepas de HMA con *Azotobacter chroococcum* sobre la producción de área foliar y el efecto de la coinoculación sobre los Índice de Eficiencia (%) con relación al comportamiento de los tratamientos testigos, respectivamente.

Se pudo apreciar de manera general interesantes resultados muy relacionados con el nivel de fertilidad, condiciones de pH de los suelos y relaciones suelo /humus de lombriz empleados.

En el caso de suelos de alta fertilidad, la coinoculación de *Azotobacter chroococcum* en presencia de las cepas *Glomus clarum* y *Glomus fasciculatum* produjo incrementos significativos en la producción de área foliar con respecto a las inoculaciones simples y los testigos, encontrándose los mayores valores (371.1 cm² y 402.6 cm²) respectivamente, en aquellas combinaciones de sustratos con menor dosis de abono orgánico (7:1), con incrementos que oscilaron entre 34.7 y 20.60 respectivamente con respecto a la inoculación simple de HMA y entre 142.2 y 123.2 con relación al testigo de referencia (3:1 sin inocular).

En general esta respuesta, fue similar a la encontrada con la aplicación simple de HMA, en suelos de alta fertilidad los mayores efectos de la inoculación de HMA sobre la producción de posturas se encontraron precisamente en los sustratos que recibieron las menores cantidades de humus de lombriz 7:1 ó 5:1. Es decir la eficiencia de la simbiosis fue dependiente de la fertilidad de los suelos, de la riqueza de los sustratos; a mayor

fertilidad del suelo la mayor eficiencia se obtuvo con los menores aportes de abono orgánico.

Cuando el experimento se desarrolló sobre suelo de baja fertilidad el efecto encontrado con la coinoculación fue diferente. En este caso si bien la inoculación simple de ambos microorganismos mantuvo un efecto positivo con índices de eficiencia que oscilaron entre 63-140 % para la aplicación de HMA y 78% para la aplicación de *Azotobacter chroococcum*, la coinoculación presentó un comportamiento inferior al de cualquiera de las coinoculaciones simples deprimiendo el efecto encontrado con ellos y expresando por tanto una conducta antagónica en estas condiciones.

Este comportamiento de la coinoculación en función del contenido de nutrientes del sustrato es explicable sobre la base de las características de las rizobacterias como estimuladoras del crecimiento.

Generalmente los microorganismos rizosféricos producen hormonas del tipo auxinas, tales como ácido indolacético (AIA), ácido naftaleilacético (ANA), 2,4 D (Basham y Levahony, 1990) y las asociaciones micorrízicas le confieren a la planta muchos beneficios de carácter físico-químicos en la rizosfera e hifosferas por lo tanto, la unión de ambos en condiciones favorables puede proveer a la planta de un “excelente mecanismo biológico” de obtención y absorción de nutrientes bajo condiciones de adecuada disponibilidad de nutrientes.

En condiciones de baja fertilidad del suelo como en el caso del experimento 9, los resultados encontrados son similares a los reportados por Barea et al. (1991), en donde la coinoculación con cepas eficientes acarrió en la planta problemas de descompensación vegetal debido en primer lugar a la gran capacidad extractiva que representó este sistema biológico, lo cual se expresó como una depresión intensa del crecimiento vegetal.

Por otra parte, Martínez et al. (1985) apuntaron que las especies del género *Azotobacter*, tienen generalmente su rango óptimo de funcionamiento en zonas de pH entre 5.9-8.4, por lo que su crecimiento en suelos ácidos como los del experimento 9, se ve directamente afectado no sólo por las condiciones de acidez, sino que además este microorganismo tiene serias limitaciones para su crecimiento por el déficit de ciertas sustancias como es el caso del carbonato de calcio, vital para su normal desarrollo. (Ver niveles de Ca en la Tabla 4)

Un aspecto a tener en cuenta para explicar este comportamiento, fue que en las condiciones de baja fertilidad (Expto 9) los crecimientos y contenidos de nutrientes encontrados con la aplicación de las mejores cepas de HMA (Tablas 7 a y 15), si bien fueron muy superiores al testigo no inoculado resultaron inferiores al de las plantas inoculadas en condiciones de alta y media fertilidad, indicando que en estas condiciones existió un factor limitante que no pudo ser plenamente solucionado con la micorrización y posiblemente fuera una consecuencia de la baja disponibilidad de nutrientes.

Todo parece indicar que bajo éstas condiciones el establecimiento de los dos tipos de microorganismos en altas poblaciones y por ende los incrementos en los requerimientos nutricionales de estas asociaciones, los cuales no solo contemplan nutrientes sino también productos del metabolismo de la planta, no pudo ser satisfecho e inclusive se expresó como una conducta antagónica.

Al analizar el comportamiento fúngico de las plantas sometidas a la coinoculación en las dos localidades (Exptos. 4 y 9), se pueden constatar marcadas diferencias en los contenidos de E.A entre ambas situaciones (Tabla 17).

Tabla 17: Efecto de la aplicación de cepas de HMA en las mejores combinaciones de suelo: humus de lombriz sobre el comportamiento micorrízico (E.A) y el área foliar (A.F) en los experimentos 4 y 9.

Expto	G. fasciculatum		G. clarum		Ac. scrobiculata	
	E.A	A.F	E.A	A.F	E.A	A.F
4						
7:1R-	19.4 ab	307.7 c	20.9 a	299.6 c		
7:1R+	19.4 ab	371.1 b	20.9 a	402.6 a		
Es x	1.8***	5.7***				
9						
3:1R-			31.6 ab	138.8 a	32.3 a	119.5 a
3:1R+			18.8 de	61.6 g	21.1 de	57.6 g
Es x			1.61***	6.3***		

Leyenda:

3:1 y 7:1: Relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

R: *Azotobacter chroococcum*.

E.A: Endófito arbuscular (mg/g suelo).

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC. (Ver Anexos).

En el caso del suelo de alta fertilidad, si bien la coinoculación incremento significativamente la producción de área foliar (Fig 10), no se observan efectos sobre la masa del endófito arbuscular, siendo muy similares estos valores en cada suelo.

La poca o ninguna relación entre los efectos de la coinoculación sobre la producción de estructuras fúngicas (EA) y el incremento en el área foliar sugiere que éste efecto no fue provocado por una intensificación de la propia micorrización.

Estos resultados son lógicos, si tomamos en consideración que el efecto de las rizobacterias sobre el crecimiento vegetal, está dado básicamente de forma indirecta, es decir a través de una estimulación vegetal en la zona rizosférica, provocada a partir de la exudación de diferentes sustancias de naturaleza hormonal (Basham y Levahony, 1990) y no por una posible elicitación sobre los componentes fúngicos.

Ambos mecanismos pueden complementarse y fueron perfectamente sinérgicos, originando un aumento significativo en la producción vegetal, sin embargo este efecto se pierde cuando la coinoculación se realiza sobre suelos alíticos (Expto 9), donde las relaciones entre estos microorganismos pasan de complementarias y sinérgicas a una relación que se manifiesta como antagonismo y que puede tener su causa en la competencia por los escasos nutrientes y productos del metabolismo.

En éstas condiciones, el empleo de los dos microorganismos deprime no sólo el crecimiento vegetal, sino también los valores fúngicos, que están enmarcados a su vez en la zona de baja eficiencia micorrízica para condiciones de baja fertilidad (fig. 1).

Por lo tanto, la información obtenida sugiere que la coinoculación funciona como dos mecanismos independientes, que se pueden complementar en condiciones adecuadas y conlleva un sinergismo en la conducta de la planta. En condiciones no adecuadas, como por ejemplo muy baja disponibilidad de nutrientes, estos mecanismos compiten e

inclusive se ven afectados sus comportamientos expresado a través de la disminución en las propias estructuras fúngicas a valores inadecuados.

Es bueno destacar que el comportamiento de esta rizobacteria está muy relacionado con las características de la zona rizosférica, pues se desarrolla en este nicho ecológico, dependiendo en gran medida de los exudados de la planta y de las características edáficas del medio en donde se desarrolla (Martínez et al. , 1985).

Por otra parte, el propio funcionamiento fúngico está mucho más relacionado con la fisiología de la planta debido a su condición de simbiote que con los microorganismos que rodean la rizosfera, aunque éstos pudieran bajo ciertas condiciones crear relaciones parasíticas-competitivas (Fitter y Garbage, 1994).

El estudio de los contenidos foliares de NPK en los experimentos 4 y 9 (Tabla 18), arrojó que cuando se inoculó la cepa *Glomus clarum*, en presencia o no de *A chroococcum*, se pudo apreciar que existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Para el caso del experimento 4, conducido en condiciones de alta fertilidad las plantas tratadas con la coinoculación incrementaron significativamente sus tenores foliares y los valores de área foliar con respecto a los tratamientos homólogos inoculados con HMA y el testigo, indicando una estrecha relación entre estas variables.

Sin embargo en el experimento de baja fertilidad la influencia de la coinoculación sobre los contenidos nutricionales fue muy similar a la encontrada sobre el crecimiento de las posturas

(Tabla 16) y la ocupación fúngica (Tabla 17). Se encontró un efecto negativo con la aplicación de ambos microorganismos, reportándose los menores tenores foliares para esta condición e indicando así mismo una estrecha relación entre el área foliar de las posturas y sus contenidos nutricionales.

Un efecto muy similar se pudo notar al analizar el comportamiento de la coinoculación bacteriana con las cepas *G. fasciculatum* y *A. scrobiculata* (Tabla 19), observándose en el caso de las condiciones de alta fertilidad un efecto positivo en los contenidos foliares en presencia de la coinoculación y el efecto contrario para las condiciones de baja fertilidad.

A modo de conclusión podemos aseverar que el uso combinado de ambos biofertilizantes no varió los criterios alcanzados acerca de la óptima relación de suelo:abono orgánico, ratificándose la relación 5:1 y 7:1 para suelos de media y alta fertilidad.

El empleo de *Azotobacter chroococcum* y HMA para condiciones de suelos de baja fertilidad, no resultó adecuado, inclusive cuando se trabajó con la relación de sustrato 3:1 que fue la que garantizó mayores aportes de nutrientes, produciendo siempre efectos depresivos en comparación con la aplicación simple de HMA.

Tabla 18: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las combinaciones de *Glomus clarum* y los tratamientos testigos en presencia o no de *Azotobacter chroococcum* en los experimentos 4 y 9.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
4	5:1 R	2.2 d	0.30 c	2.0 d	382.3 b
	5:1	1.4 j	0.12 k	1.3 gh	176.1 f
	7:1 R	3.1 b	0.33 a	2.4 b	402.6 a
	7:1	1.6 h	0.24 e	1.4 fg	299.6 c
	Test R	1.2 k	0.16 i	1.2 j	174.0 f
	Test	1.1 l	0.15 j	1.0 l	166.2 g
	Es x	0.06***	0.009***	0.07***	5.67***
9	3:1 R	1.7 b	0.13 b	1.3 a	61.6 gh
	3:1	1.8 a	0.14 a	1.3 a	138.8 a
	5:1 R	1.0 e	0.10 d	1.1 c	33.6 ij
	5:1	1.1 d	0.10 d	1.2 b	21.6 j
	Test R	1.0 e	0.10 d	1.0 d	102.4 bc
	Test	1.0 e	0.11 c	1.0 d	57.7 ef
	Es x	0.03***	0.005***	0.02***	6.3***

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

R: *Azotobacter chroococcum*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 19: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las combinaciones de *Glomus fasciculatum* y *Acaulospora scrobiculata*, así como sus tratamientos testigos en presencia o no de *Azotobacter chroococcum* en los experimentos 4 y 9.

Glomus fasciculatum.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
4	5:1 R	2.1 e	0.19 h	1.7 e	209.5 e
	5:1	1.9 f	0.20 g	1.7 e	207.4 e
	7:1 R	3.2 a	0.33 a	2.4 b	371.1 b
	7:1	2.7 c	0.29 d	2.2 c	307.7 c
	Test R	1.2 k	0.16 i	1.2 j	174.0 f
	Test	1.1 l	0.15 j	1.0 l	166.2
	Es x	0.06***	0.009***	0.07***	5.67***

Acaulospora scrobiculata.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
9	3:1 R	1.2 c	0.11 c	1.2 b	57.6 gh
	3:1	1.7 b	0.13 b	1.3 a	119.5 ab
	5:1 R	1.0 e	0.10 d	1.0 d	66.3 fg
	5:1	1.0 e	0.10 d	1.0 d	71.7 ef
	Test R	1.0 e	0.10 d	1.0 d	102.4 bc
	Test	1.0 e	0.11 c	1.0 d	57.7 ef
	Es x	0.03***	0.005***	0.02***	6.3***

Leyenda:

3:1, 5:1 y 7:1: Relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

R: *Azotobacter chroococcum*.

Test: Tratamiento testigo.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

La coinoculación resultó eficiente y es perfectamente complementaria pero necesita de condiciones adecuadas para manifestar tanto la efectividad de la simbiosis micorrízica como de la asociación *Azotobacter chroococcum* - café garantizando una adecuada absorción de nutrientes, para obtener una elevada tasa de crecimiento vegetal. En suelos de baja fertilidad todo parece indicar que esto no se logra, aún con el uso de la relación suelo:abono orgánico que más nutrientes aporta de las estudiadas.

La información obtenida es explicable sobre la base de las interacciones positivas que se establecen en la hifosfera (Hoflich et al. , 1994) y amplía al cultivo del cafeto estos efectos que habían sido encontrados anteriormente en los cultivos de soya, maíz, tomate y arroz (Gómez et al., 1995; Medina, 1994 y Rivera et al. , 1993a).

3.2 Inoculación simple y combinada de *Pseudomona fluorescens* (RSF), con HMA..

La aplicación simple de *Pseudomona fluorescens* presentó una conducta inestable y no siempre fue positiva, con un comportamiento siempre inferior al obtenido con la aplicación de los HMA y generalmente menor al de la aplicación de *Azotobacter chroococcum*.

Al analizar el comportamiento de las aplicaciones simples de RSF y la coinoculación con HMA en la producción de área foliar, se encontró que la inoculación simple de la rizobacteria nunca superó la inoculación con HMA y cuando éstas se aplicaron de manera conjunta o sea coinoculadas, el efecto sobre el crecimiento se vió siempre deprimido (Fig. 12).

En la tabla 20 se presentan los comportamientos de diferentes cepas de HMA aplicadas simple o coinoculadas con *Pseudomona fluorescens*, así como sus tratamientos homólogos no inoculados frente a la producción de área foliar.

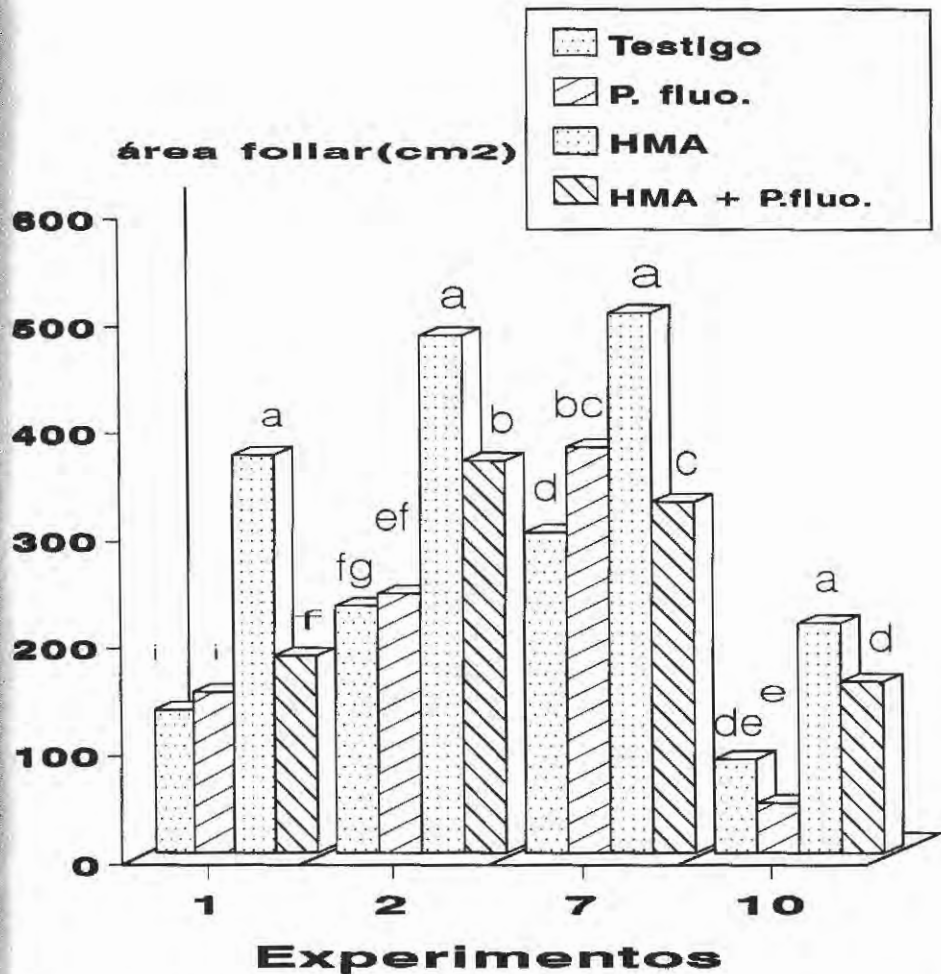


Fig 12. Efectos de la aplicación de HMA, P. fluorescens y su coinoculación sobre el área foliar en las mejores relaciones suelo:abono orgánico de los diferentes experimentos.

Nota: La docimación empleada pertenece a cada experimento por separado.

Tabla 20: Efecto de la aplicación de las mejores cepas de HMA en presencia o no de *Pseudomona fluorescens* (S) sobre la producción de área foliar en los experimentos 1 y 2.

Expto	G. clarum	G.sp ¹	A. scrobiculata	No inoc.	Testigo
1					
Po	369.2 a	349.5 ab	225.9 fg	131.5 i	103.4 i
Po S	182.2 i	281.3 cd	282.8 c	148.1 i	
P½	318.8 bc	273.5 cd	190.9 hi	198.6 gh	
P½ S	183.4 i	255.5 de	248.4 e	198.2 gh	
Es x	5.9***				
2					
3:1	206.3 gh	249.7 ef	301.8 d	229.2 fg	229.2 fg
3:1 S	280.3 de	240.4 ef	296.3 d	140.6 i	
5:1	481.1 a	346.8 bc	213.6 fg	173.8 hi	
5:1 S	364.1 b	373.6 b	229.2 fg	243.7 ef	
Es x	13.9***				

Legenda:

Po, P½, 3:1, 5:1: Dosis de fertilización fosfórica (Experimento 1) y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

S: *Pseudomona fluorescens*.

No inoculados: Tratamientos no inoculados.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC. (Ver Anexos).

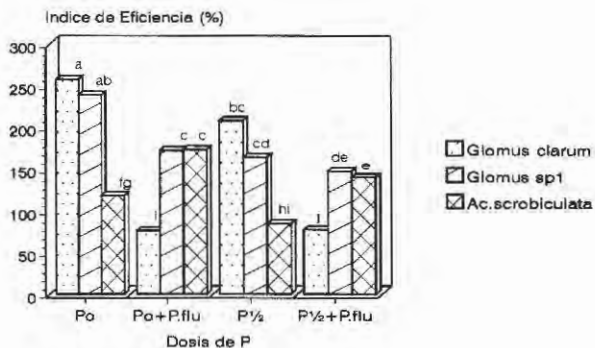
A pesar de encontrarse incrementos en el área foliar de los tratamientos inoculados solamente con RSF con respecto a los testigos, éstos fueron inferiores a los alcanzados por la aplicación simple de las cepas de HMA.

La coinoculación de *Pseudomona fluorescens* y hongos micorrizógenos, puso de manifiesto un marcado efecto negativo con respecto a la inoculación simple de las cepas de HMA que produjeron los mayores valores de área foliar, con independencia de las dosis de materia orgánica empleada en cada zona en cuestión.

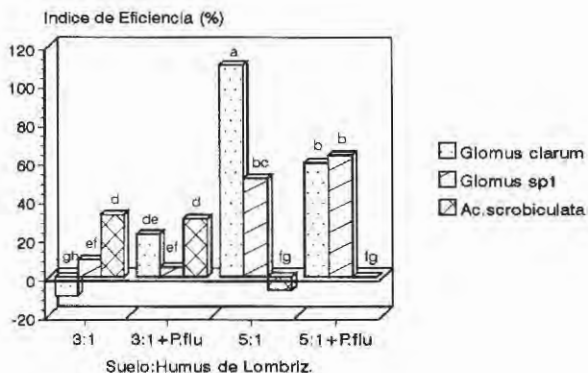
Para el caso de *Acaulospora scrobiculata* no se puede predecir un comportamiento estable, quizás fue en este caso en donde se logró apreciar algún ligero efecto positivo, sin embargo como, ésta fue una de las cepas de HMA que menor respuesta agrobiológica alcanzó en los sitios estudiados, aún en el caso de existir un efecto positivo de la coinoculación el comportamiento absoluto fue inferior al alcanzado con la inoculación simple de las cepas más eficientes de HMA.

La coinoculación de *Glomus clarum* con *Pseudomona fluorescens* en presencia de la menor dosis de fertilización fosfórica (Expto. 1) y la combinación de sustrato con menor dosis de abono orgánico (Expto. 2) alcanzó menores resultados que la aplicación simple de la cepa de HMA; los Índices de Eficiencia de área foliar fueron disminuidos de 250 a 150% en el experimento 1 y de 116 a 60 % en el experimento 2 por la coinoculación. (Fig. 13).

Al estudiar el efecto de la coinoculación sobre la masa del EA en las raicillas de cafeto, se puso de manifiesto una fuerte disminución (30-40%) en las estructuras fúngicas en los tratamientos inoculados con las cepas de HMA (que alcanzaron por sí solas los mayores efectos agrobiológicos en esas condiciones) pasando su funcionamiento y valores de EA de un estado adecuado a valores indicativos de un comportamiento no eficiente, los cuales conllevaron a una producción de área foliar insuficiente (Tabla 21).



Experimento 1.



Experimento 2.

Fig 13. Efectos encontrados con la aplicación de algunas cepas de HMA y coinoculación con *P.fluorescens* sobre los índices de Eficiencia de área foliar en los exptos. 1 y 2.

Tabla 21: Efecto de la aplicación de cepas de HMA en las mejores combinaciones de suelo: humus de lombriz sobre el comportamiento micorrízico (E.A) y el área foliar (A.F) en los experimentos 1 y 2.

Expto	G. clarum		G.sp ¹		A. scrobiculata	
	E.A	A.F	E.A	A.F	E.A	A.F
Po	24.6 a	369.2 a	11.9 b	349.5 ab	4.8 ef	225.9 f
Po S	15.3 b	182.2 i	11.6 bc	281.3 cd	7.5 de	282.8 c
Es x	0.8***	5.9***				
2						
5:1	29.9 a	481.1 a	15.8 bc	346.8 bc	9.7 fg	213.6 f
5:1 S	20.6 b	364.1 b	13.1 cd	373.6 b	14.8 cd	229.2 f
Es x	1.23***	13.9***				

Leyenda:

Po y 5:1: Dosis de fertilizante fosfórico y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

S: *Pseudomona fluorescens*

E.A: Endófito arbuscular (mg/g suelo).

Test: Tratamiento testigo.

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC. (Ver Anexos).

La coinoculación así mismo disminuyó las estructuras fúngicas en cepas menos eficientes, aunque en el caso de *Acaulospora scrobiculata*, la cual presentó un comportamiento muy inferior en esta condición, la coinoculación elevó ligeramente el EA aunque manteniéndose en valores muy distantes (8-15 mg/g) de las obtenidas en una situación de eficiencia micorrízica (25 mg/g).

Al hacer un análisis de los contenidos foliares encontrados en los experimentos 1 y 2 para las distintas cepas en estudio (Tablas 22, 23 y 24) se puede notar una estrecha relación entre el contenido de nutrientes y la producción de área foliar, reportándose para la mayoría de las cepas los mayores valores de nutrientes y de área foliar en ausencia de esta rizobacteria y siempre un fuerte efecto depresivo de la coinoculación para la conducta de las cepas más eficientes de HMA.

Se puede afirmar que la coinoculación de RSF-HMA presentó un comportamiento inferior en comparación con la aplicación simple de los hongos micorrizógenos, con independencia del sustrato.

Este fenómeno es realmente complejo, el éxito de una buena coinoculación entre HMA y rizobacterias en general pudiera estar mediado por distintos factores como la compatibilidad biológica de las cepas en cuestión, la especificidad de las mismas con el sustrato en el que se desarrollan y las interacciones que ocurren entre todos los microorganismos de la rizosfera, incluyendo los introducidos en la llamada zona hifosférica.

Los resultados indican que al menos para la cepa de RSF que se estudió en esta ocasión, la aplicación conjunta no fue lo suficientemente compatible, o quizás estas rizobacterias no poseían una estrecha especificidad en cuanto a la capacidad solubilizadora de P para el tipo de sustrato en que se aplicaron, motivo por el cual no se recomiendan como tal para su inmediata aplicación.

Tabla 22: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las combinaciones de *Glomus clarum* y los tratamientos testigos en presencia o no de *Pseudomona fluorescens* en los experimentos 1 y 2.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
1	Po S	1.2 k	0.18 de	1.9 f	182.2 i
	Po	3.5 a	0.30 ab	3.2 a	369.2 a
	P ^{1/2} S	1.8 i	0.18 de	1.6 j	183.4 i
	P ^{1/2}	2.2 de	0.26 bc	2.0 e	318.8 bc
	Test S	1.7 ij	0.17 ef	1.3 l	198.2 gh
	Test	1.7 i	0.18 de	1.3 l	103.4 i
	Es x	0.08***	0.009***	0.04***	5.9***
2	3:1 S	2.2 de	0.27 f	1.8 d	280.3 de
	3:1	1.4 l	0.18 l	1.1 j	206.3 gh
	5:1 S	2.5 c	0.35 b	2.1 b	364.1 b
	5:1	3.0 a	0.37 a	2.5 a	481.1 a
	Test S	1.3 m	0.11 n	1.1 i	140.6 i
	Test	1.7 ij	0.21 ij	1.2 h	229.2 fg
	Es x	0.10***	0.007***	0.07***	13.9***

Leyenda:

Po, P^{1/2}, 3:1, 5:1: Dosis de fertilización fosfórica y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

S: *Pseudomona fluorescens*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para p≤0.001.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 23: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las mejores combinaciones de *Glomus sp*¹ y los tratamientos testigos en presencia o no de *Pseudomona fluorescens* en los experimentos 1 y 2.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
1	Po S	2.3 cd	0.22 cd	2.0 e	281.3 cd
	Po	2.9 b	0.32 a	2.9 b	349.5 ab
	Test S	1.7 ij	0.17 ef	1.3 l	198.2 gh
	Test	1.7 i	0.18 de	1.3 l	103.4 i
	Es x	0.08***	0.009***	0.04***	5.9***
2	5:1 S	2.2 d	0.34 c	2.0 b	373.6 b
	5:1	2.1 e	0.31 d	2.0 b	346.8 bc
	Test S	1.3 m	0.11 n	1.1 i	140.6 i
	Test	1.7 ij	0.21 ij	1.2 h	229.2 fg
	Es x	0.10***	0.007***	0.07***	13.9***

Leyenda:

Po, y 5:1: Dosis de fertilización fosfórica y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

S: *Pseudomona fluorescens*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

Tabla 24: Contenidos foliares de N, P y K (%) encontrados en las mejores combinaciones de *Acaulospora scrobiculata* y los tratamientos testigos en presencia o no de *Pseudomona fluorescens* en los experimentos 1 y 2.

Expto.	S:HI	N (%)	P (%)	K (%)	Area Foliar (cm ²)
1	Po S	2.1 ef	0.24 cd	2.0 e	282.8 c
	Po	2.0 fg	0.22 cd	1.8 g	225.9 fg
	Test S	1.7 ij	0.17 ef	1.3 l	198.2 gh
	Test	1.7 i	0.18 de	1.3 l	103.4 i
	Es x	0.08***	0.009***	0.04***	5.9***
2	3:1 S	1.9 g	0.20 jk	1.8 d	296.3 d
	3:1	2.7 b	0.30 e	2.5 a	301.8 d
	Test S	1.3 m	0.11 n	1.1 i	140.6 i
	Test	1.7 ij	0.21 ij	1.2 h	229.2 fg
	Es x	0.10***	0.007***	0.07***	13.9***

Leyenda:

Po y 3:1: Dosis de fertilización fosfórica y relaciones de suelo: humus de lombriz de los experimentos en cuestión.

S: *Pseudomona fluorescens*

Medias con letras iguales en la misma columna/experimento no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Nota: La docimación empleada en cada experimento pertenece a la interacción AxBxC en todos los casos. (Ver Anexos).

No obstante pensamos que se debe continuar profundizando en el estudio de estas importantes interacciones, máxime si tomamos en consideración que ambos biofertilizantes están ligados con los mecanismos de extracción del P del suelo, elemento de poca movilidad y que esta unión puede incrementar potencialmente su absorción y translocación hacia la planta; además en cultivos tales como las hortalizas, gramíneas, cítricos, autores como Barea et al. (1975) y (1991) han reportados incrementos sustanciales con el uso de estos microorganismos

4. Consideraciones sobre el manejo tecnológico de las asociaciones micorrízicas y los biofertilizantes en general en la producción de posturas de café.

A lo largo de este trabajo, se ha puesto de manifiesto el papel directo y beneficioso que desempeñan estos hongos en el desarrollo y crecimiento de las posturas de café, fase o etapa importante ya que de acuerdo con el desarrollo de las mismas durante ese período, se definirá en gran medida su supervivencia y adaptabilidad posterior en condiciones de campo.

El café, como se ha planteado y demostrado anteriormente, es una planta que depende de las asociaciones micorrízicas para lograr una mayor eficiencia en su desarrollo en general (micótrofa obligada), por lo tanto, pensando en el posterior desarrollo de las plantas en condiciones de plantación, es importante conocer qué especies de hongos micorrizógenos pueden utilizarse con mayor eficiencia en la nutrición y crecimiento del mismo.

Siqueira y Franco (1988) y Sieverding (1991), definieron una estrategia de utilización y optimización de las micorrizas en la producción vegetal, que está basada principalmente en el conocimiento de la infectividad y eficiencia de las mismas en los distintos ecosistemas.

Plantearon que a medida que un determinado ecosistema tuviera una infectividad natural alta y además, una alta efectividad de los hongos nativos, la necesidad de la inoculación sería baja y por ende la posibilidad de éxito pequeña; sin embargo en los casos que la infectividad natural y/o la efectividad de las cepas de HMA nativas fueran bajas, o simplemente uno de los dos factores estuviera limitado o su expresión fuera insuficiente, entonces la probabilidad de éxito de la inoculación sería alta.

El propio hecho de que la inoculación con el concentrado de cepas nativas presentara un efecto favorable fue indicativo de que la concentración de propágulos nativos fue baja e inclusive de forma similar se puede analizar la positiva respuesta encontrada con la aplicación de las cepas *Glomus sp¹* y *sp²* que habían sido previamente aislados en esa zona experimental.

Precisamente la consideración anterior unida al hecho de que estos suelos, al igual que la de la mayoría de los cafetales establecidos, han estado sometidos a procesos de erosión y en algunos casos a procesos biológicos degradativos, relacionados con aplicaciones indiscriminadas de fertilizantes, así como, que en algunos casos las áreas dedicadas a viveros conllevan una explotación de varias campañas, lo que origina la continua extracción de la capa más rica del suelo; sugieren que efectivamente, las concentraciones de propágulos en estas áreas fueran bajas.

El análisis realizado posteriormente en las zonas experimentales apoya éstas consideraciones, obteniéndose valores en todos los casos menores a 15 Esporas/gramo de suelo, muy inferior al mínimo de 30 Esporas/gramo de suelo que presentaron los inoculantes.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se hace necesario un programa de selección de cepas “adecuadas” para cada ecosistema, este debe partir tanto de cepas de colección con probada eficiencia en condiciones similares a donde se van a desarrollar los viveros,

como de aislamientos y purificación de cepas autóctonas, de forma que la evaluación de todas ellas permitirá escoger cepas eficientes y competitivas, así como definir su manejo. Estas cepas serán entonces la base de los inoculantes a utilizar en dichos ecosistemas.

Este trabajo, permitió encontrar, el efecto de algunas especies promisorias de HMA perteneciente a cepario internacionales y otras autóctonas del país, sobre la producción de posturas de cafeto en algunos de los principales tipos de suelos, lográndose conocer qué especies fueron las más adecuadas para las distintas condiciones de fertilidad en que se trabajó.

La consistente conducta de las cepas estudiadas no sólo en cuanto a su efecto agrobiológico, sino a la dependencia del efecto con el tipo de suelo y manejo, indicó que la estrategia de escoger determinadas cepas por condición o tipo de suelo, puede resultar muy beneficiosa, ya que se obtuvieron niveles de productividad muy alto con su uso.

Otro aspecto relacionado con la estrategia del empleo de los HMA resulta la propia producción de éstos microorganismos en las áreas cafetaleras, recomendándose la producción de inoculantes micorrizógenos como una alternativa viable y necesaria para la mayoría de las granjas cafetaleras del país.

La característica principal de este tipo de inoculante es que necesita de una planta hospedera para su reproducción en las raíces de ésta.

Esta situación hace factible al nivel de entidad productiva su producción, pues sembrando sobre un sustrato, semillas de especie micótrofa obligatoria y de ciclo corto (90-120 días), previa inoculación o preinoculación con inóculo certificado de HMA, se logran eficientes producciones de las cepas propuestas.

A manera de ejemplo, con la inoculación de 1 kg de inoculante certificado por 1 m² de cantero se obtienen 200 kg de inóculo agrícola que puede ser empleado con mucho éxito en la producción de posturas de cafeto (20 000 posturas)

Teniendo en cuenta los resultados alcanzados con la inoculación simple de HMA, la coinoculación con rizobacterias, sólo se justifica cuando el incremento con relación a las micorrizas es muy superior.

Este fenómeno sólo se alcanzó con la aplicación de *Azotobacter chroococcum* combinada con HMA, en condiciones de sustratos de alta-media fertilidad, ya que cuando se aplicaron de manera conjunta en sustratos pobres el efecto fue extremadamente depresivo.

En resumen, sólo el *Azotobacter chroococcum* tuvo un buen funcionamiento bajo ciertas condiciones, no así las RSF, que al parecer no eran las cepas adecuadas para esas condiciones, por lo que se debe seguir estudiando la posibilidad de hacer prospecciones de cepas más eficientes.

Por todo lo anterior se plantea como tecnología la utilización de los HMA por tipo de suelo y relación suelo: humus de lombriz, en caso de que se cuente también con *Azotobacter chroococcum*, aplicarlo siempre unido a los primeros, pero solo en en condiciones de alta fertilidad de sustrato (Fig. 14).

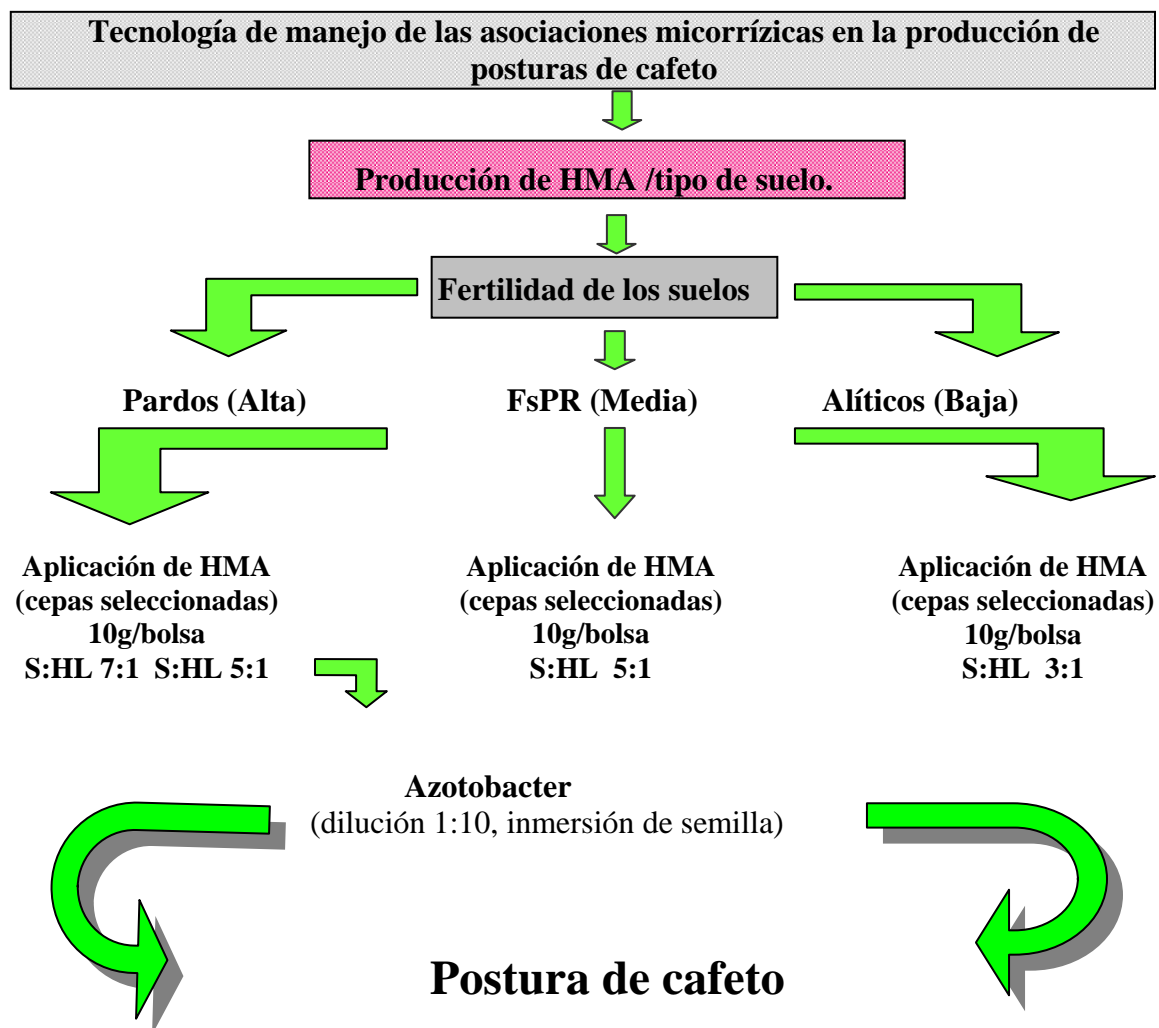


Fig. 14. Tecnología de manejo de las asociaciones micorrízicas y los biofertilizantes en la producción de posturas de café.

5. Valoración Económica.

La aplicación de una nueva tecnología que implique cambios en la composición de los sustratos e inoculación con cepas de hongos micorrizógenos, desde el punto de vista práctico acarrea cambios en las labores productivas referentes al montaje de los viveros de café.

Tomando en consideración que los mejores tratamientos (inoculados) alcanzaron un área foliar superior a los tratamientos testigos, y según Soto, 1994, una postura en la zona del Escambray está lista para ser llevada a campo cuando tiene un área foliar de aproximadamente 300 cm² y 6 pares de hojas, oscilando en estas condiciones la emisión de un par de hojas entre 20 y 25 días.

Los resultados de éste trabajo indicaron que los tratamientos inoculados con HMA conllevaron a plantas más vigorosas con mayor producción de área foliar y pares de hojas, estimándose entre 25 y 50 días los adelantos que implicó la propia inoculación (Tabla 25). Estos valores de adelanto se calcularon a partir de las diferencias encontradas en el crecimiento (emisión de pares de hojas) entre los tratamientos inoculados con cepas eficientes y los testigos de producción, así como tomando en consideración la velocidad de emisión de pares de hojas encontrada por Soto (1994) para condiciones edafoclimáticas similares.

La base de cálculo se efectúa sobre 100 000.00 posturas de café. El análisis que ha continuación se presenta, fue realizado a partir de los valores que se reportan en la carta tecnológica de vivero (vigente), de los costos de los diferentes materiales y actividades que se relacionan con el montaje de viveros. En las variantes de aplicación de HMA de acuerdo a las relaciones suelo:humus de lombriz estudiadas, se le adicionó el costo del inóculo de HMA agrícola empleado 1 t (\$ 250.00) y se le restó al presupuesto los fertilizantes químicos, el tiempo en salario y materiales ahorrados a partir de los días de

adelanto en cada caso específico.

Se comparan 3 variantes tecnológicas frente a la norma técnica S: HL 3:1:

HMA **25** Días de Adelanto (DA) S: HL 3:1; HMA **50** D A S: HL 5:1 y HMA **38** D A S: HL 7:1

A continuación se presentará el presupuesto para obtener una postura de cafeto según las distintas variantes tecnológicas aplicadas al vivero.

Costo de la postura de cafeto bajo diferentes variables tecnológicas

Actividades	Norma Técnica S:HL 3:1	HMA S:HL 3:1	HMA S:HL 5:1	HMA S:HL 7:1
Gasto del salario	7685.80	7184.60	6584.80	6798.20
Salario Total	9390.50	8778.20	8045.40	8306.00
Gastos de Materiales	7453.30	7710.90	7113.30	6983.60
Sub Total	16843.80	16489.10	15158.70	15289.60
Gastos administrativos	1684.40	1648.90	1515.90	1529.00
Total Gastos	18528.20	18138.00	16674.60	16818.60
Pérdidas 10% en posturas	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Cantidad de posturas producidas	90000.00	90000.00	90000.00	90000.00
Costo de una postura de café	0.2059	0.2015	0.1853	0.1869

Los gastos detallados de materiales y salario se presentan en los anexo 3.1 y 3.2.

Finalmente se pueden obtener de acuerdo a las variantes tecnológicas aplicadas posturas con los siguientes días de antelación (D.A) y ahorro en pesos por cada 100000.00 plantas:

HMA 25 D. A: \$ 429.22

HMA 38 D. A: \$ 1880.52

HMA 50 D. A: \$ 2038.92

En esta valoración no se tuvo en cuenta el incremento en el índice de supervivencia de las posturas, el cual debe incrementarse, sin dudas, en los tratamientos micorrizados,

más preparados para resistir los efectos del déficit hídrico así como las deficiencias nutricionales que se pueden dar en las condiciones de plantación y que ha sido encontrado por diversos autores en café

(Saggin-Junior et al. , 1992; Siqueira et al. , 1993) y en otros cultivos.

Este efecto debe disminuir el índice de pérdidas de las posturas plantadas y debe incrementar aún más el efecto económico de micorrización, pues en última instancia se llevan al campo plantas más vigorosas y preparadas.

Tabla 25: Adelanto en días alcanzado por los mejores tratamientos de inoculación de HMA con relación al testigo de producción en los tipos de suelo estudiado.

Expto	Testigo Pares de hojas	HMA1 Pares de hojas	HMA2 Pares de de hojas	Adelanto (días)
Suelos Alíticos (Baja Fertilidad) s:hl 3:1				25
9	4.00	5.00	4.80	
10	4.2	5.80	4.80	
X	4.1	5.1		
Suelos FsPR (Media Fertilidad) s:hl 5:1				50
1	3.6	6.0	5.9	
2	5.0	6.0	7.2	
3	4.8	7.1	6.4	
X	4.5	6.4		
Suelos Pardos (Alta Fertilidad) s:hl 7:1				38
4	3.8	6.0	5.8	
5	5.0	6.7	6.7	
6	5.5	6.7	7.0	
7	5.5	6.7	7.0	
X	4.96	6.51		

Leyenda:

*: La base de cálculo de l adelanto se tomó a partir de Soto (1994), donde plantea que para condiciones similares la emisión de cada nuevo par de hojas demora 25 días.

V-. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1- Se encontró una alta y consistente respuesta del cafeto a la inoculación con cepas de HMA en los tres tipos de suelos en que se trabajó, Suelos Pardos (alta fertilidad), Suelos Fersialíticos Pardos Rojizos (media fertilidad) y Suelos Alíticos (baja fertilidad), oscilando los incrementos en la producción de área foliar entre 10 y 263 % con respecto a los testigos.
- 2- La eficiencia micorrízica y su correspondiente efecto agrobiológico dependió de la fertilidad o riqueza del sustrato, definido por la propia fertilidad del suelo y de la relación suelo-abono orgánico utilizado, de forma tal que en la medida que aumentó la fertilidad del suelo, la eficiencia micorrízica se logró con las relaciones suelo: humus de lombriz con menores cantidades de abono orgánico y viceversa. A continuación se presentan las mejores relaciones suelo: humus de lombriz encontradas por tipos de suelo:
 - **Suelos Pardos (Alta Fertilidad): 7:1**
 - **Suelos Fersialíticos Pardo Rojizo (Media Fertilidad): 5:1**
 - **Suelos Alíticos (Baja Fertilidad): 3:1**
- 3- El efecto de la inoculación también se expresó a través de incrementos en las variables fúngicas, porcentaje de infección y masa del endófito arbuscular, estableciéndose una relación directa y significativa ($R^2=0.90$ y 0.98 respectivamente) entre éstas y el área foliar de las posturas; lo cual permitió establecer que las cepas eficientes fueron las que logran un mejor funcionamiento fúngico y a su vez originan posturas más vigorosas.

- 4- El funcionamiento fúngico expresado como masa del endófito dependió de la fertilidad del suelo. En condiciones de media y alta fertilidad las mayores posturas se obtuvieron con valores de endófito entre 20-23 mg/g de suelo, mientras que en condiciones de baja fertilidad los valores adecuados de endófito se elevaron hasta 30-41.2 mg/g de suelo.
- 5- La inoculación de cepas eficientes de HMA por tipo de suelo y relación suelo: abono orgánico produjo así mismo un incremento significativo en la nutrición mineral de las posturas, expresadas en mayores contenidos de nutrientes (NPK), obteniéndose, además, altas y significativas relaciones entre los índices nutricionales y los valores de endófito arbuscular..
- 6- Los hongos micorrizógenos arbusculares con mejor respuesta agrobiológica por tipo de suelo en este trabajo resultaron ser:
 - **Suelo Alítico:** En estos suelos los mejores hongos fueron *Glomus clarum* y *Glomus sp1* originando incrementos en el área foliar que oscilaron entre 24-263 % con respecto a la norma técnica.
 - **Suelo Fersialítico Pardo Rojizo:** Los mejores hongos resultaron *Glomus clarum* y *Glomus spl* originando incrementos en el área foliar que oscilaron entre 18-250% con respecto a la norma técnica
 - **Suelos Pardos:** A pesar de que fueron los suelos más fértiles se encontró un buen funcionamiento de la cepa *Glomus fasciculatum*, alcanzando incrementos significativos entre 18-86 % en la producción de área foliar.
- 7- La coinoculación de *Azotobacter chroococcum* y hongos micorrizógenos arbusculares sólo presentó un marcado efecto positivo cuando los viveros se condujeron en suelos Pardos de alta fertilidad, incrementando aún más el efecto alcanzado por la inoculación individual de HMA. El efecto de la aplicación

- simple de *Azotobacter chroococum* fue positivo con incrementos de hasta un 10 %, siempre inferior al de la inoculación con HMA.
- 8- La coinoculación de *Pseudomona fluorescens* y hongos micorrizógenos arbusculares presentó siempre un comportamiento inferior al de la inoculación simple con HMA.
- 9- A partir de estos resultados se arribó a una tecnología (partiendo de la producción de HMA artesanal de cepa o cepas previamente seleccionadas) basada en la inoculación de cepas seleccionada de HMA, por tipo de suelo y relación suelo: abono orgánico, además su implementación acelera el vivero de cafeto con la emisión de 1 ó 2 pares de hojas por planta, con relación a los testigos sin inocular, lo que a un adelanto entre 25 y 50 días, con ahorros en pesos por cada 100000.00 plantas en un rango que oscila entre 429.22 y 2038.92 de acuerdo al tipo de suelo y dosis suelo: abono orgánico.

RECOMENDACIONES.

A partir de las conclusiones arribadas en este trabajo se pueden plantear las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar en la producción de posturas de cafeto la tecnología de inoculación de 10 gramos/ bolsa de cepas eficientes por tipo de suelo y relación adecuada de suelo: humus de lombriz. A continuación se recomiendan las cepas y su manejo para diferentes condiciones edáficas:
 - **Suelo Alítico:** Utilizar la inoculación de *Glomus clarum* o *Glomus spl* con una relación suelo: humus de lombriz 3:1.
 - **Suelo Fersialítico Pardo Rojizo:** Utilizar la inoculación de *Glomus clarum* o *Glomus spl* con una relación suelo: humus de lombriz 5:1.
 - **Suelos Pardos:** Utilizar la inoculación de *Glomus fasciculatum* en una relación suelo: humus de lombriz 7:1.
2. Utilizar la coinoculación de cepas de hongos micorrízicos y *Azotobacter chroococum* en una dilución 1:10 (inmersión de semillas) para la producción de posturas de cafeto sobre suelos Pardos con una relación suelo: humus de lombriz 5:1.
3. Profundizar en los mecanismos que operan en el fenómeno de la coinoculación en general de Rizobacterias y en particular de *Azotobacter chroococum* con HMA, así como continuar la prospección y estudio de cepas microbianas, en lo fundamental *Pseudomona fluorescens*, más eficientes y capaces de promover un mayor incremento en el crecimiento de las posturas de cafeto.

4. Evaluar la eficiencia de las asociaciones micorrízicas obtenidas en la fase de producción de posturas sobre las etapas posteriores del cultivo: Establecimiento de la plantación y Fomento en producción
5. Que esta tesis constituya un material de consulta para estudiantes de pre y postgrado en los Ministerio de Educación y Educación Superior.

VI- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Alexander. T /et al/. Dynamics of arbuscule, development and degeneration in mycorrhizas of *Triticum aestivum* L. and *Avena sativa* L. with reference to *Zea mays* L. **New Phytol.** 110, 351- 355. 1988
2. Alexander T /et al/. Dynamics of arbuscule development and degeneration in onion, bean and tomato with reference to vesicular-arbuscular mycorrhizae in grasses. **Can. J. Bot.** 67:2505-2513. 1989.
3. Allen, M. Specificity in Mycorrhizal Symbiosis: Community-Ecological Consequences and Practical Implications. En: Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant-Fungal Process. Chapman & Hall. New York London. 1992
4. Altieri, M.A. Agroecología. Bases científica para una agricultura sustentable. CLADES. ACAO. Tercera Edición. La Habana. 1997. 249p
5. Alvarez, R. Del mercado mundial del café. Perjuicios y no beneficios. Periódico Granma. Año 27. No 137. Junio 28. 1991.
6. Ames, R.N. Mycorrhizal development in onion in response to inoculation with chitin-decomposing actinomycetes. **New Phytol.** 112: 423-427. 1989.
7. Ames, R.N y Bethlenfalvay, G.J. Mycorrhizal fungi and the integration of plant and soil nutrient dynamics. **Journal of Plant Nutrition.** 10, 1313-1321. 1987.
8. Ames, R.N./et al/. Rhizosphere bacterial population response to root colonization by a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytol.** 96, 555-563. 1984.
9. Antunes V./et al/. Interacao entre diferentes tipos de solo e fungos micorrizicos vesiculo arbusculares na producao de mudas de café (*Coffea arabica*, L). **Turrialba.** 38 (2): 117-122. 1988.
10. Azcon-Aguilar C./et al/. Effects of soil microorganism on spore germination of the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 86, 337-340. 1986.
11. Baath, E y Spokes, j. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. **Can. J. Bot.** 67: 3221-3232. 1989.
12. Barea, J.M./et al/. Possible synergistic interactions between *Endogone* and phosphate solubilizing bacteria in low-phosphate soils En: *Endomycorrhizas*. Academic Press. London. 1975 p 409- 417.
13. Barea, J.M /et al/. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas va. En: Fijación y Movilización de Nutrientes. Madrid. Tomo II. 1991 p 150-173.
14. Barros, A. Micorrizas vesículo arbusculares em cafeeiros da regio sul do estado de Minas Gerais. Tesis presentada para optar por maestría. Lavras. Minas Gerais. 1987. 97 p.
15. Basham, Y y Levahony, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* a challenger for agriculture. **Can. J. Microbiol.** 36, 1990.
16. Bendaña, F.E. Fisiología de las semillas de café. Problemas relativos al almacenamiento. *Café. Servicios técnicos de café y cacao.* (Costa Rica) 4 (15), 93-96. 1962.
17. Berch, S.M. Compilation of the endogonaceae. Mycologue Publications, Waterloo, Ontario. Canada. 1988
18. Bethlenfalvay, G.J./et al/. Relationships between host and endophyte development in mycorrhizal soybeans. **New Phytol.** 90, 537-543. 1982.
19. Bianciotto, V /et al/. Germination process and hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus. **Allionia.** 29: 17-24. 1989.

20. Black, R. The role of mycorrhizal symbiosis in the nutrition of tropical plant. En: Tropical Mycorrhizal Research. Mikola, P (ed) Clarendon Press. Oxford. London 1980. p 191-202.
21. Boelens, J /et al/. The use of bioluminescence as a reporter to study the adherence of the plant growth promoting rhizopseudomonas 7NSK2 and ANP15 to canola roots. **Can J. Microbiol** 39: 329-334. 1993.
22. Bolan, N.S. A critical review of a role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant Soil**. 134: 189-207. 1991.
23. Bolan, N.S /et al/. Effects of VAM on the availability of iron phosphates to plants. **Plant Soil**. 22: 401-410. 1987.
24. Bonfante-Fassolo, P y Perotto, S. Plants and endomycorrhizal fungi: The cellular and molecular basis of their interaction. In: Molecular signals in plant-microbe communications. Verma DP (eds) CRC press Boca Raton. 1992. pp 445-470.
25. Bonfante-Fassolo, P y Perotto, S. Strategy of arbuscular mycorrhizal fungus when infecting host plant. **New Phytol**. 130, 13-21. 1995.
26. Bossier, P.M./et al/. Ecological significance of siderophores in soil. In: Advances in Microbial Ecology Vol 10. Plenum Press, London. 1988.
27. Boullard, B. Les Mycorrhizes. Ed Masson C^{ie}. Paris. 1968. p 133.
28. Bowen, G.D. The Biology and Physiology of infection and its development. En: Safir, G.R . Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. CRC Press. Boca Raton. 1987. p 27-57.
29. Bowen, G.D. Microbial dynamics in the rhizosphere: Possible strategies in managing rhizosphere populations. In: The rhizosphere and plant growth. D.L Keister and P.B Cregan (eds). Kluwer academic Press, Netherlands. 1991.
30. Boyetchko, S.M y Tewari, J.P Parasitism of spore of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. **Phytoprotection**. 72, 27-32. 1991.
31. Brady, N.C. The Nature and Properties of soils. 9th ed. Macmillan Publishing Co. New York. NY. 1984.
32. Brown, M.E y Carr, G.H. Effects on plant growth of mixed inocula of VA endophytes and root microorganism. Rothamsted Experimental Station Report. Part 1. 1979. 187 p.
33. Burggraaf, A.J.P y Beringer, J.E. Absence of nuclear DNA synthesis in vesicular arbuscular mycorrhizal during in vitro development. **New Phytol**. 111 (1): 25-33. 1989.
34. Burr, T.J./ et al/. Increased yields by treatment of seedpieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *P. putida*. **Phytopathology**. 68: 1377-1383. 1978.
35. Buwalda, J.B./et al/. Increase uptake of bromide and chloride by plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytol**. 93, 217-225. 1983.
36. Caldeira, S.F./et al/. Associacao de micorriza vesiculo arbuscular em café, lima e capim-gordura. **Pesq. Agrop. Bras**. Brasilia 18 (3), 223-228. 1983.
37. Calvet, c /et al/. Germination, early mycelia growth and infectivity of a vam fungus in organic substrate. **Symbiosis**. 14 (1-3): 405-411. 1993
38. Carvajal, J.F. Cafeto, Cultivo y Fertilización. Berna. Instituto Internacional de la Potasa. 1984. 251 p.
39. Carvalho, A. Principles and practices of coffee plant breeding for productivity and quality factors: *Coffea arábica*. En: Coffee vol 4. Agronomy. R, J Clakke and R. Macrae. Elsevier Applied Science. 1988. p. 129-165.
40. Carvalho, A y Mónaco, L.C. Botánica y mejoramiento En: Cultivo y abono del café. La Habana ed. Revolucionaria. 1966. p. 40-54.

41. Colozzi-Filho, A y Siqueira, J.O. Micorrizas vesículo arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeitos de *Gigaspora margarita* e adubacao fosfatada no crescimento e nutricao. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas 10 (3), 199-205. 1986.
42. Cox, G.C y Tinker, P.B. Translocation and transfer of nutrient in vesicular-arbuscular mycorrhizal. I. The arbuscule and phosphorus transfers: a quantitative ultrastructural study. **New Phytol.** 77, 371-378. 1976.
43. Cuba, MINAGRI. Instruções Técnicas para el cultivo del café y del cacao. 1987. 208 p.
44. Daniels, B.A y Trappe, J.M. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. **Mycologia**. 72, 457-471. 1980.
45. Defreitas, J.R et Germida, J.J. Growth promotion of winter wheat by fluorescent *Pseudomonas* under field condition. **Soil. Biology Biochem.** 24: 1137-1146. 1992.
46. Dehne, H.W. Influence of soil, cultivation and host plant genotype on the occurrence of va mycorrhizal fungi in different crops. En: Abstracts, Second European Symposium on Mycorrhizae, Institute of Landscape Ecology, Prague. 1988. p 25-26.
47. Dexheimer, J./et al/. Approche cellulaire du fonctionnement des endomycorrhizies á vésicules et arbuscles: les plasmalemmes de l'interface. En: Gianninazzi-Pearson, V. et Gianninazzi, S. Physiological and Genetics aspect of Mycorrhizae. INRA. Paris. 1986. p 277-283.
48. Dhillion, S.S et Ampornpan, L.A. Influence of mycorrhizal association and inorganics nutrients on early growth of rice. *Int. Rice Res Newslett.* 15: 16-17. 1990.
49. Dibut, B./et al/. Efecto de la Bacterización de *Azotobacter chroococcum* sobre el desarrollo y rendimiento del frijol Caupí. Resúmenes del IV Simposio de Botánica. La Habana.1993 p 222.
50. Dodd, J.C et Thompson, B.D. The screening and selection of inoculant arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. **Plant and Soil**. 159, 149-158. 1994.
51. Dommergues, Y y Mangenot F. Les associations mycorrhiziennes. En: *Ecologie Microbienne du sol*. Ed Masson et C^{ie}. Paris. 1970. p 656-675.
52. Duc, G./et al/. Phenolics callosa and HRGP accumulation associated with resistance to AM fungi in an early myc-pea mutant. **Plant Science**. 60: 215.222. 1989.
53. Duke,S.E./et al/. Local reduction of mycorrhizal arbuscule frequency in enriched soil microsites. **Can. J. Bot.** 72, 998-1001. 1994.
54. Dumas, E /et al/. Chitinase, chitosanase and beta-1,3- glucanase activities in *Allium* and *Pisum* roots colonized by *Glomus* species. **Plant Science**. 84 (1): 17-24. 1992.
55. Elias, K.S y Safir, G.R. Hyphal elongation of *Glomus fasciculatum* in response to root exudates. **Appl. Environ. Microbiol.** 53: 1928-1933. 1987.
56. Fernández, A.B. y Siqueira, J.O. Micorrizas vesiculo-arbuscular em cafeeiros da regio sul do Estado de Minas Gerais. *Pesq Agrop. Bras.* Brasilia. 24 (12): 1489-1498. 1989.
57. Fernández, F./et al/. Comparación de tres técnicas para evaluar la actividad micorrízica en plantaciones de cafeto en la región central de Cuba. **Cultivos Tropicales**. 11, 85-88. 1989.
58. Fernández, F./et al/. Dinámica del funcionamiento de las MVA en un cafetal joven. Resúmenes V Congreso Latinoamericano de Botánica. La Habana, Cuba. p 25. 1990.

59. Fernández, F./et al/. Efectividad de tres hongos formadores de micorrizas va y una cepa de bacteria solubilizadora de fósforo sobre el crecimiento de posturas de café (*Coffea arabica. L.*). **Cultivos Tropicales**. 13 (1). 28-32. 1992.
60. Fernández, F/et al/. The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculants on rice (*Oryza sativa*) in different types of soils. **Cultivos Tropicales**. 18 (1): 5-9. 1997
61. Fernández J. Estudio comparativo de diferentes modalidades de aviveramiento de plantas de cafeto. **Ciencia y Técnica en la Agricultura**. Café y Cacao. 2 (2), 17-25. 1980.
62. Ferrán, J. Instituto de Suelo. Comunicación personal.
63. Finlay, R.D. Interaction between soils micro-arthopods and endomycorrhizal associations of higher plants. In: Ecological Interactions in Soils. Ed A.H Fitter. Oxford .UK. 1985 pp-319- 332.
64. Fitter, A.H. Water relation of red clover *Trifolium pratense L.* as affected by VAM infection and phosphorus supply before and during drought. **J. Exp. Bot.**39: 595-603. 1988
65. Fitter, A.H y Garbaye, J. Interactions between micorrhizal fungi and others soil organism. **Plant and Soil**. 159, 123-132. 1994.
66. Fredeen, A.L /et al/. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max*. **Plant Physiol**. 89: 225-230. 1989.
67. Furlan, V y Fortin, J.A. Effects of light intensity of the formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae on *Allium cepa* by *Gigaspora calospora*. **New Phytol**. 79, 335-340. 1977.
68. Furrázola, E./et al/. Algunas especies de la familia **Endogonaceae** asociadas a eco y agroecosistemas de montañas. Resúmenes del V Congreso latinoamericano de Botánica. La Habana. 1990, p 5.
69. Gagne, S.C./et al/. Xylem-residing bacteria in alfalfa roots. **Can. J. Microbiol**. 33: 996-1000. 1987.
70. Garbaye, J. Biological interactions in the mycorrhizosphere. **Experientia**. 47, 370-375. 1991.
71. Garbaye, J y Duponnois, R. Specificity and function of mycorrhization helper bacteria (MHB) associated with the *Pseudotsuga menziessi-Laccaria laccata* symbiosis. **Proc. International Symbiosis Congress**. Jerusalem. Israel. 1991.
72. García-Garrido, J.M /et al/. Cellulase activities in lettuce and onion plants colonized by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Soil Biology and Biochem**. 24 (5): 503-504.
73. García-Garrido, J.M /et al/. Endoglucanase activity in lettuce plants colonized with the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. **Soil Biology and Biochem**. 24 (10): 955-959. 1992a
74. García-Garrido, J.M y Ocampo, J.A. Effect of VA mycorrhizal infection of tomato on damage caused by *Pseudomonas syringae*. **Soil Biology Biochem**. 21: 165-167. 1989.
75. Garcia-Romera, I /et al/. Pectinase activity in vesicular arbuscular mycorrhiza during colonization of lettuce. **Symbiosis**. 12 (2): 189-198. 1992.
76. Garrido, N. Agaricales s. l. und irhe Mykorrhizen in den Nothofagus-Waldern Mittelchiles. **Bibliotheca Mycologica**. 120, 1-258. 1988
77. Gerdemann, J.W. Vesicular arbuscular mycorrhizae. En: Ed Torrey J.C and Clarkson, D.T. *The Development and Function of Roots*. Academy Press. London. 1975. p 575-591.

78. Gerdemann, J.W y Nicolson, T.H. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans Br. Mycol. Soc.** 46, 235-244. 1963.
79. Gerdemann, J.W y Trappe, J.M. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir** No 5. The New York Botanic Garden. New York. 1974
80. Gianinazzi-Pearson, V./et al/. β 1,3 Glucans in Walls of the Glomales. Taxonomic implications. Abstracts of the 9th Conference on Mycorrhizae. Guelph. Ontario. 1993. p 72.
81. Gianinazzi-Pearson, V y Gianinazzi, S. Cellular and Genetics aspects of interaction between host and fungal symbionts in mycorrhizae. **Genome.** 31: 336-341. 1989.
82. Gianinazzi-Pearson, V y Gianinazzi, S. The physiology of improved phosphorus nutrition in mycorrhizal plants. In: Physiological and Genetics aspect of Mycorrhizae (V.G-Pearson & S.G. eds.) INRA Paris. 1986. pp 101-109
83. Gianinazzi-Pearson, V y Gianinazzi, S. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. **Plant and Soil.** 71: 197-209. 1983.
84. Gindel, J. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid condotions. **Coffee. Turrialba** (costa rica) 4, 49-63. 1962.
85. Giovannetti, M y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.** 84, 489-500. 1980.
86. Gómez, R./et al/. Aplicación conjunta de hongos MVA y bacterias rizosféricas mediante la técnica de recubrimiento de semillas. En: Informe del trabajo anual del Dpto Biofertilizantes. Documento Interno INCA. 1995 21p
87. Green, N.E./et al/. The influence of Ph on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. **Mycologia.** 68, 929-933. 1976.
88. Guerra, A. Siembra de cafetos bajo distintas modalidades. Instituto Salvadoreño de investigaciones de café. Boletín Informativo (15), 1974. 8p.
89. Hall, I.R y Fish, B.J. A Key to the Endogonaceae. **Trans. Brit. Mycol. Soc.** 73, 261-270. 1979.
90. Harley, J.L y Smith, S.E. Mycorrhizal Symbiosis. Ed Academic Press. New York. 1983. 483 p.
91. Hayman, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizae. Effects of light and temperature. **New Phytol.** 73, 71-80. 1974.
92. Hendrix, J.W /et al/. Divergence of mycorrhizal fungal communities in crop production systems En: The significance and regulation of soil biodivresity. Collins, Robertson & Klg (eds). Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands. 1995
93. Hernandez, A.J./et al/. Nueva versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAG. (En prensa) 1995 a.
94. Hernandez, A.J./et al/. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAG. (En prensa) 1995 b.
95. Herrera, R.A. IES. Comunicación personal.
96. Herrera, R.A./et al/. Caracterización y dinámica de las fitomasas de raíces y micorrizas vesiculo-arbusculares en la Sierra del Rosario. En: Ecología de los Bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No 1. 1971-1987. ROSTLAC, UNESCO. Capítulo21, 1988. p 447-472.
97. Herrera, R.A./et al/. Estrategia de Funcionamiento de las Micorrizas VA en un Bosque Tropical. Biodiversidad en Iberoamerica: Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales (Eds. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de

- Ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica, Mérida, 1995.
98. Herrera, R.A./et al/. Informe de Dpto de Ecología de Suelos. IES. ACC.1991.
 99. Ho, I. Interaction between VA mycorrhizal fungus and Azotobacter and their combined effects on growth of tall fescue. **Plant and Soil**. 105: 291-293. 1988
 100. Hoflich, G./et al/. Plant growth stimulation by inoculation with symbiotic and associative rhizosphere microorganism. **Experientia**. 50, 897-905. 1994.
 101. Howard, A. An Agricultural Testament. Oxford University Press. London. 1943.
 102. Howie, W.J./et al/. Effects of soil matric potential and cell motility on wheat root colonization by fluorescent pseudomonads suppressive to take-all. **Phytopathology**. 77: 119-124. 1987.
 103. INCA. Manual de técnicas analíticas del laboratorio de Agroquímica. Documento interno. 1996. 150 p
 104. Jabaji-Hare, N. The Glomales differ in their supposed affinity to the Zigomycetes. **Mycologia**.80: 622-629. 1988
 105. Jayachandran, K./et al/. Mineralization of organic phosphorus by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil, Biol. Biochem**. 24 (9), 897-903. 1992.
 106. Johnson, C.R./et al/. Effects of soil phosphates level and shade on plant growth and mycorrhizas. **New Zealand Journal Botanic**. 14, 333-340 1980
 107. Kapulnik, Y. Plant-growth-promoting rhizobacteria. In: Plant root: The hidden half. Waisel et al. (Eds). Marcel Dekker, Inc., New York. 1991.
 108. Katznelson, H./et al/. The rizosphere effect of mycorrhizal and nonmycorrhizal roots of yellow birch seedlings. **Can. J. Bot**. 40, 377-382. 1962.
 109. Kleopfer, J.M /et al/. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. **Phytopathology**. 70: 1078-1082. 1980.
 110. Kleopfer, J.M y Schroth, M.N. Relationship of in vitro antibiosis of plant growth-promoting rhizobacteria to plant growth and displacement of root microflora. **Phytopathology**. 71: 1020-1024. 1981
 111. Koide, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytol**. 117:365-386. 1991.
 112. Krishna, K.R /et al/. Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. **Plant and Soil**. 86: 113-125. 1985.
 113. Lambais, M.R y Mehdy, M.C. Suppression of endochitinase, beta 1,3 endoglucanase end chalcone isomerase expression in bean vesicular arbuscular mycorrhizal roots under different soil phosphate conditions. **Molecular and Microbe Interactions**. 6 (1): 75-83. 1993.
 114. Letacon, L y Obaton, M. Faune et Flore do sol les organismes symbiotiques faune et flores auxiliaires en agriculture. Ed ACTA. Paris. 1983. 119-113.
 115. Lopes, E.S./et al/. Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de mudas de cafeeiro cv. Mundo novo em condicoes de campo. En: Cong. Bras. Pesq. Caff., 10, Pocos de Caldas. Rio de Janeiro. 1983. 1983 p.
 116. Lopes, E.S /et al/. Efeito de inoculacao do cafeeiro com diferentes especies de fungos micorrizicos va. **R, Bras. Ci. Solo**. Campinas, 7 (2):137-141. 1983a.
 117. Lopes, E.S /et al/. Problemas no desenvolvimento e na colonizacao micorrizica natural de mudas de café en vivero. En: Reuniao Brasileira sobre micorrizas 1. Lavras. 1985.Anais Lavras FAEPE, 1986. p 156.
 118. Maestri, M y Barros R.S. Café. En: Ecofisiologia de cultivos tropicales. Costa Rica. IICA. 1981. 50p.

119. Mamoun, M.J y Olivier, J.M. Dynamique des populations fongiques et bacteriennes de la rhizosphere des noisetiers truffiers II. Chelation de fer et repartition taxonomique chez les *Pseudomonas fluorescents*. **Agronomie**. 9: 345-351. 1989.
120. María del Carmen Acosta, INIFAT, Comunicación personal.
121. Marschner, H y Dell, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**. 159, 89-102. 1994.
122. Martínez A./et al/. Características Biológicas de los principales suelos de Cuba. IV. Fijadores asimbióticos de Nitrógeno atmosférico. Ciencias de la Agricultura. (25) 77-86. 1985.
123. Martínez-Viera, R./et al/. Utilización de biopreparados de *Azotobacter croococum* en la agricultura cubana. En: Resúmenes I Taller Internacional sobre biofertilización en los trópicos, INCA. 1992.
124. McArthur, D.A.J y Knowles, N.R. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on the response of potato to phosphorus deficiency. **Plant Physiology**. 107:147-160. 1993.
125. McGonigle, T.P y Fitter, A.H. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal association. **Mycological Research**. 94, 120-122. 1990
126. Medina, N. Evaluación agronómica de diferentes biofertilizantes en la nutrición mineral del Tomate (*Lycopersicum sculentum*, Mill) En: Resúmenes IX Seminario Científico INCA. 1994.
127. Menge, J.A./et al/. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under tree nutrient regimes. **New Phytol**. 81, 553- 559. 1978.
128. Meyer, J.R y Linderman, R.G. Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and a plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomona putida*. **Soil. Biol. Biochem**. 18, 185-190. 1986.
129. Milus, E.A y Rothrock, C.S. Rhizosphere colonization of wheat by selected soil bacteria over diverse environments. *Can. J. Microbiology*. 39, 335-341. 1993.
130. Miranda, J.C.C y Harris, P.J. The effect of soil phosphorus on the external mycelium growth of arbuscular mycorrhizal fungi during the early stages of mycorrhizal formation. **Plant and Soil**. 166, 271-280. 1994.
131. Moawad, M. Ecophysiology of vesicular-arbuscular mycorrhizae in the tropics. En: The soil-roots interface. Academic Press. London. 1979 p 197-209.
132. Morales, D /et al/. Informe Final del resultado 003-02-03 sistemas de producción de posturas mediante semilla. INCA. 1990. 65p.
133. Morales, D et Duc Son. Estudio comparativo de diferentes métodos para la obtención de plántulas de café. **Cultivos Tropicales**. 4 (2):281-292. 1982
134. Morales, D y Jerez, E. Influencia de la humedad del suelo sobre el crecimiento del café medido a los 8 meses en viveros al sol. **Cultivos Tropicales**. 4 (4): 675-683. 1982.
135. Morales, D y Soto, F. Conferencias sobre viveros de café impartida a los ingenieros del plan Turquino. Santiago de Cuba, Enero 1988.
136. Morgenstern, E y Okon, Y. The effect of *Azospirillum brasilense* and auxin on root morphology in seedlings of *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. **Arid Soil Res. Rehabil**. 1: 115-127. 1987.
137. Morton, J.B. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification nomenclature and identification. *Mycotaxon* 32. 267-324. 1988.
138. Mosse, B. Observations on the extramatrical mycelium of a vesicular-arbuscular endophyte. **Trans. Brit. Mycol. Soc**. 47, 439- 448. 1959.

139. Mosse, B. Advances in the study of va micorrhiza. **Ann. Rev. Phytopath.** 11, 171-196. 1973.
140. Mosse, B./et al/. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza V. Phosphate uptake by tree plants species from P-deficient soils labelled with ³²P. **New Phytol.**72, 809-811.1973.
141. Noriega, C. Determinación del material foliar representativo del estado nutricional del cafeto, época de muestreo y levantamiento nutricional del cultivo en la Sierra Norte de Puebla. Tesis de ingeniero Agrónomo. México: Univ Autónoma de Chapingo. 1988. 22 p.
142. Okigbo, B.N y Lai, R. Soil Fertility maintenance and conservation for improved agroforestry system in the lowland humid tropics. En: Solis Research in agroforestry. ICRAF, Nairobi. 1979. p 41-77.
143. Orozco, M.O./et al/. Micorrizas va, micelio extramático y otras poblaciones microbianas asociadas a troncos en descomposición en un bosque tropical. En: Informe Provisional No 18. Ciclo Lectivo sobre el tema de Investigación en micorrizas, IFS. Stockolm. 1986. p 251-271.
144. Packosky, R.S./et al/. Comparison between P-Fertilizer and Mycorrhizal Plants. **Crops Science.** 26, 151-156. 1986 a.
145. Packovsky, R.S./et al/. Nutrient and growth interactions in soybeans colonized with *Glomus fasciculatum* and *Rhizobium japonicum*. **Plant and Soil.** 92, 37-45. 1986 b.
146. Palma, J.M /et al/. Superoxide dismutase in vesicular-arbuscular mycorrhizal red clover plants. **Physiologia Plantarum.** 87 (1) 77- 83. 1993.
147. Pate, J.S. The Mycorrhizal Association: Just one way nutrients acquiring specialization in natural ecosystem. **Plant and Soil.** 159, 1-10. 1994.
148. Paula, M.A /et al/. Synergistic effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi end diazotrophic bacteria on nutrition and growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Biol. Fertil. Soils.** 14: 61-66. 1992.
149. Paulitz, T.C y Menge, J.A. The effects of mycoparasite on the mycorrhizal gungi *Glomus deserticola*. **Phytopathology.** 76, 351- 354. 1986.
150. Perrin, R. Mycorrhizes et protection phytosanitarie. In Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Ed Strullu D.G. Lavoisier, Paris. France. 1991. pp 93-130.
151. Perry, D.A /et al/. Species migration and ecosystem stability during climate change; the belowground connection. **Conservation Biology** 4, 266-274. 1990.
152. Peyronel, B; Fassi, B; Fontana, A y Trappe, J.M. Terminology of micorrhizae. **Mycologia**, 61. 410-411. 1969.
153. Phillips, D.M y Hayman, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 55. 158-161. 1970.
154. Piccini, D /et al/. Possible influence of *Rhizobium* on VA mycorrhiza metabolic activity in double symbiosis of alfalfa plants (*Medicago sativa* L) grown in a pot experiment. **Biol. Fert. Soils.** 6: 65-67. 1988.
155. Piccini, D et Azcon, R. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on the utilization of bayovar rock phosphate by alfalfa plants using a sand vermiculite medium. **Plant and Soil.** 101, 45-50. 1987.
156. Plenchette, C.H. Les Endomicorrhiziens a vesicules et arbuscules (va): Un potentiel a exploiter en agriculture. **Phytoprotection** 63, 86-108. 1982.
157. Redhead, J.F. Endotrophic mycorrhizae in Nigeria. Some aspect of the ecology of the endotrophic mycorrhizal association of *Khaya grandifolia* C.D.C. Endomycorrhizas. Academic Press. London. 1975. p 447-459.

158. Rhodes, L.H y Gerdemann, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and nonmycorrhizal onions. **New Phytol.** 75, 555- 561. 1975.
159. Rivera, R.A./et al/. Efecto de la coinoculacion Azospirillum brasilense y hongos micorrizogenos va en el cultivo del arroz. En: Informe del trabajo anual de 1992 sobre Biofertilizantes. INCA. Documento Interno. La Habana. 1993 a. 15 p.
160. Rivera, R.A./et al/. Sistemas de fertilización NPK para plantaciones bajo poda sistemática. Informe final de etapa. Resultado 003-04 PCT Desarrollo Integral de la Montaña. La Habana. INCA. 1993 b. 57 p.
161. Rodríguez, Israel. Certificado de Introducción del resultado científico técnico "Utilización del humus de lombriz en la producción de posturas de cafeto". Dirección Nacional de Café y Cacao. 1992. 1p
162. Rosendahl, C.N y Rosendahl, S. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) to salt stress. **Environ. Exp. Bot.** 31 (3): 313-318. 1991.
163. Ruiz-Lozano, J.M y Azcón, R. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. **Physiologia Plantarum.** 95: 472-478. 1995.
164. Safir, G.R./et al/. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. **Plant Physiology.** 49, 700-703. 1972.
165. Saggin-Junior, A./et al/. A Infestacao do solo com fungos micorrizicos no crescimento pos-transplante de mudas de cafeeiro nao micorrizadas. **R. Bras. Ci. Solo** 16 (1): 39-46. 1992.
166. Saggin-Junior, A./et al/. Interacao fungos micorrizicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo nao fumigado. **R. bras. Ci. solo.** 18, 27-36. 1994.
167. Sanchez-Díaz, M /et al/. Effect of water stress on photosynthetic activity in the Medicago-Rhizobium-Glomus symbiosis. **Plant Science.** 71: 215-221. 1990.
168. Sanders, F.E y Tinker, P.B. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. **Nature.** London. 232, 278-279. 1971.
169. Schenck, N.C y Pérez, Y. Manual for the identification of VA Mycorrhizal Fungi, INVAM, University of Florida. Second Ed. 1988 241 p.
170. Schenck, N.C y Smith, G.S. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (*Endogonaceae*) from Florida. **Mycologia.** 74. 77-92. 1982
171. Secilia, J y Bagyaraj, D.J. Selection of efficient vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi for wetland rice (*Oryza sativa* L.)plants **Biol. Fertil. Soils.** 13: 108-111 . 1992.
172. Setzer, J. Sobre ecología do café. **Boletín da Superintendencia do Sevcios do Café.** 27 (302), 313-322. 1952.
173. Sieverding, E. Aspecto de la Taxonomía y la identificación de hongos formadores de MVA. CIAT. Cali. Colombia. 1985. 128 p.
174. Sieverding, E. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. CIAT. Cali. Colombia. 1983. 121 p.
175. Sieverding, E. VA mycorrhizal in soils under cultivation in Tropical América. En: Transaction of the XIII Congress of International Society of Soil Science, Hamburg. Vol 6. ISSS.Hamburg. 1987 p 840-852.
176. Sieverding, E. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellschaft fur techniische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, federal Republic of Germany. 1991. 371 p.
177. Sieverding, E y Galvez, A.L. Soil and phosphate sources affect performance of va mycorrhizal fungi with cassava. **Angew. Botanik.** 62, 273-293. 1988.

178. Sieverding, E y Toro, S. Influence of soil water regimes on VA mycorrhiza V. Performance of different VAM fungal species with cassava. **J. Agronomy & Crop Science**. 161, 322-332. 1988.
179. Sieverding, E./et al/. Biomass production and nutrient concentration in spores of va mycorrhizal fungi. **Soil. Biol. Biochem.** 21, 69-72. 1989.
180. Siqueira, J.O y Colozzi-Fhilo, A. Micorrizas vesiculo a arbusculares en mudas de cafeeiro. II. Efeito do fosforo no estabelecimento e funcionamento da simbiosis. **R. Bras. Ci. Solo**. Campinas. 10 (3), 31-38. 1986.
181. Siqueira, J.O y Franco, A.A. Biotecnologia do solo. Fundamentos e Perspectiva. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. Brasilia, D.F . 1988. 235 p
182. Siqueira, J.O y Paula, M.A. Efeito de micorrizas vesiculo-arbusculares na nutricao e aproveitamento de fosforo pela soja em solo sob cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**. 10, 97-103. 1986.
183. Siqueira, J.O./et al/. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesiculo-arbusculares em relacao a acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**. 10. 11-16. 1986.
184. Siqueira, J.O./et al/. Crecimento de mudas e producao de cafeeiro sob influencia de fungos micorrizicos e superfosfato. **R. Bras. Ci. Solo**. Brasilia. 17 (1), 53-60, 1993.
185. Siqueira, J.O./et al/. Micorrizas vesiculo arbusculares en mudas de cafeeiro produzidas no sul do estado de minas gerais. **Pesq. Agrop. bras**. Brasilia. 22 (1), 31-38, 1987.
186. Siqueira, J.O./et al/. Ocorrencia de micorrizas vesiculo-arbusculares em agroecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesq. Agrop. Bras**. Brasilia. 24, 1499-1506. 1989.
187. Siqueira, J.O./et al/. Spores, germination and germ tubes of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Can. J. Microb.** 31, 965- 972. 1985.
188. Smith, S.E y Bowen, G.D. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. **Soil. Biol. Biochem.** 11, 469-473. 1980.
189. Smith, S.E y Gianinazzi-Pearson, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plant Physiology. Plant. Mol. Biol.* 39, 221-244. 1988.
190. Smith, S.E./et al/. Nutrient Transport in mycorrhizas: Structure, Physiology and Consequences for efficiency of the symbiosis. **Plant and Soil**. 159, 103-113. 1994.
191. Solaiman, M.Z y Hirata, H. Effects of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rice Growth and N,P,K Nutrition under different water regimes. **Soil Sci. Plant Nutr.** 41 (3) 505-514. 1995.
192. Soto F. Crecimiento de posturas de cafetos (*C.arabica L.*) influido por diferentes condiciones de aviveramiento. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 1994. 174 p.
193. Soto, F. Estimación del área foliar en *Coffea arabica L.* a partir de las medidas lineales de las hojas. **Cultivos Tropicales**. 2 (3), 115-128. 1980.
194. Souza, C.A.S./et al/. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica L* cv. Catuai) micorrizadas nas condicoes de viveiro comercial, em substrato com e sem materia organica e diferentes dosis de superfosfato simple. **Ci. Prat**. Lavras. 13 (3), 269-278. 1989.
195. Spanu, P /et al/. Chitinase in roots of mycorrhizal *Allium porrum*. Regulation and localization. **Planta** 177: 447-455. 1989.

196. Strullu, D.G. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. 1991.
197. Tarafdar, J.C y Marschner, H. Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of vicia mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. **Soil Biology Biochem.** 26 (3): 387-395. 1994.
198. Tawarayama, K /et al/ Effect of onion (*Allium cepa*) root exudates on the hyphal growth of *Gigaspora margarita*. **Mycorrhiza.** 6: 57-59. 1996.
199. Tinker, P.B. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizas on plant nutrition and plant growth. **Plant Physiology.** 16, 743-792. 1978.
200. Tylka, G.L./et al/. Axenic germination of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi effects of selected *Streptomyces* species. *Phytopathology.* 81, 754-759. 1991
201. Trappe, J.M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. En: Safir, G.R *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants.* CRC Press. Boca Raton. 1987 p 5-25.
202. Trappe, J.M. Synoptic Keys to the genera and species of zigomycetous mycorrhizal fungi. **Phytopathology** 72, 1102-1108. 1982.
203. Trimble, M.R y Knowles, N.R. Influence of vicia and phosphorus on growth, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus L.*) plants during establishment. **Can. J. Plant Science.** 75: 239-250. 1995.
204. Van der Graff. Coffees, *coffea* sp. En: Breeding for durable resistance in perennial crops. FAO (Roma) Cap 6. 1986. p 49-74.
205. Walker, C. Systematics and Taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (glomales): a possible way forward. **Agronomie** 12 (10), 887-897. 1992.
206. 205. Went, F.W. The experimental control of plant growth. New York. The Ronald Press, 1957. p 164-168.

Anexo 1. Caracterización y descripción de los perfiles de suelos estudiados en este trabajo.

Anexo 1.1. Descripción de los perfiles.

Instituto de Suelos Sistema Descripción de Perfiles		
No Perfil: Expto 1.	Fecha: 13-09-98	Autores: Hernández. A; Salazar, A; Fernández. F; Rivera. R y Kalyanne Fernández.
Clasificación del Suelo: Nueva Versión Cuba: Fersialítico Pardo Rojizo Lixiviado, eutrico con contacto paralítico formado de su redeposición de materiales de esquistos y calizas duras. Soil Taxonomy: Aquertic Chromic Hapludalf FAO/UNESCO: Luvisol crómico		Diagnósticos Hor. Principal: Fersiálico Hor. Normal: Argílico Caract. Diagn. Contacto Paralítico, color pardo rojizo. Epipedón: Ocrico Endopedón: Argílico Régimen Hídrico: Udico Régimen Térmico: Hypertérmico
Localización Ubicación: 6 km. al sur de Tope de Collantes, por la carretera que va a Trinidad. Hoja Cartográfica: Tope de Collantes Altura (msnm): 480-500 Municipio: Tope de Collantes Coordenadas: N: 229.200 E: 601.600 Provincia: Sancti Spiritus País: Cuba		
Factores de Formación: 1. Formas del Terreno. 1.1 Posición Fisiográfica del Lugar: Valle intramontano 1.2 Topografía del Terreno Circundante: Montañoso 1.3 Microrelieve: Canteros de viveros 2. Pendiente del perfil: Llano (0-2%) 3. Vegetación o uso de la tierra: Vivero de café 4. Clima: Precipitación anual: 2200 mm Temperatura media anual: 18-19 °C Duración del período seco: no hay 5. Material de Origen: Aluvio- deluvio de corteza de intemperismo antigua y esquistos cuarcíticos micáceos y de caliza dura 6. Tiempo: Período Cuaternario.		

Descripción Perfil: Expto 1.

Horizonte: Ap

Profundidad: 0-17

Color en seco 7,5 YR 5/4, pardo; en húmedo 7,5 YR 4/4 pardo-pardo fuerte, textura loam (30% arcillosa) estructura nuciforme-granular poco estable muy húmedo, apreciable cantidad de mesofauna (lombrices, gusanos, babosas, hormigas), poroso, con gravitas y fragmentos de cuarzo y esquistos, no reacciona al HCl, transición al horizonte B neta y ondulada.

Horizonte: Bt

Profundidad: 17-34

Color en seco 5YR 6/8, amarillo rojizo, en húmedo 7,5 YR 5/8 pardo fuerte, textura loam arcillosa, estructura de bloques angulares (5-10 cm) poco estable, ligeramente compactado, muchos poros finos y medios, húmedo, no presenta mesofauna, con algunos cutanes, con fragmentos de rocas, no reacciona al HCl, transición neta y ondulada.

Horizonte: C

Profundidad: 34-90 cm

Sedimentos muy gravillosos, de color en seco 7.7 YR 5/8 pardo fuerte; en húmedo 10 YR 4/4, pardo amarillento oscuro, textura loam, sin estructuras, friable, más húmedo, no presenta mesofauna, con muchos fragmentos de esquistos micáceos y algo de cuarzo.

Anexo 1.2 Descripción de los perfiles.

Instituto de Suelos Sistema Descripción de Perfiles		
No Perfil: Expto 2.	Fecha: 13-09-98	Autores: Hernández. A; Salazar, A; Fernández. F; Rivera. R y Kalyanne Fernández.
Clasificación del Suelo: Nueva Versión Cuba: Fersialítico Pardo Rojizo ocrico y lixiviado, distrito formado de materiales aluviales-deluviales de corteza de intemperismo antigua y esquistos y calizas duras. Soil Taxonomy: Alfisol Udalfic Hapludalf FAO/UNESCO: Luvisol crómico	Diagnósticos Hor. Principal: Fersialítico Hor. Normal: Argílico y Ocrico Caract. Diagn. Materiales intemperizantes pardo rojizo. Epipedón: Ocrico Endopedon: Argílico Régimen Hídrico: Udico Régimen Térmico: Hypertérmico	
Localización Ubicación: En Valle al fondo del poblado de Cancan. Hoja Cartográfica: Condado Altura (msnm): 400 Municipio: Cancan Coordenadas: N: 238.500 E: 605.100 Provincia: Sancti Spiritus País: Cuba		
Factores de Formación: 1. Formas del Terreno. 1.1 Posición Fisiográfica del Lugar: Valle intramontano 1.2 Topografía del Terreno Circundante: Montañoso 1.3 Microrelieve: Canteros de viveros 2. Pendiente del perfil: Llano (0-2%) 3. Vegetación o uso de la tierra: Vivero de cafeto 4. Clima: Precipitación anual: 1700 mm Temperatura media anual: 23 °C Duración del periodo seco: 2 meses 5. Material de Origen: Aluvio- deluvio de corteza de intemperismo antigua y esquistos micáceos 6. Tiempo: Período Cuaternario.		

Descripción Perfil: Expto 2.

Horizonte: Ap

Profundidad: 0-11 cm

Color en seco 5 YR 6/6, amarillo rojizo; en húmedo 7,5 YR 4/2 pardo oscuro, textura loam arcillosa estructura de bloques subangulares, ligeramente compactado y húmedo, no reacciona al HCl, transición al horizonte B gradual y ondulada.

Horizonte: B1t

Profundidad: 11-28 cm

Color en seco 5YR 5/6, rojo amarillento, en húmedo 7,5 YR 4/2 pardo oscuro, arcilloso, estructura de bloques subangulares, compactado algo plástico, húmedo, no reacciona al HCl, transición gradual.

Horizonte: B2t

Profundidad: 28-60 cm

Color en seco 5YR 5/6, rojo amarillento, en húmedo 7,5 YR 4/2 pardo oscuro, arcilloso, estructura poliédrica, con gravitas de color oscuro, compactado algo plástico, húmedo, no reacciona al HCl, transición gradual.

Horizonte: BC

Profundidad: 60-75 cm

Color en seco 5YR 6/6, amarillo rojizo, en húmedo 7,5 YR 5/4 pardo, franco arcilloso, estructura no apreciable, compactado algo plástico, menos húmedo, no reacciona al HCl, transición gradual.

Horizonte: C

Profundidad: 75-90 cm

Color en seco 10YR 7/6, amarillo, en húmedo 10 YR 4/4 pardo amarillento, franco arcilloso, estructura no apreciable, compactado algo plástico, con gravitas, menos húmedo, no reacciona al HCl.

Anexo 1.3 Descripción de los perfiles.

Instituto de Suelos Sistema Descripción de Perfiles		
No Perfil: Expto 4.	Fecha: 13-09-98	Autores: Hernández. A; Salazar, A; Fernández. F; Rivera. R y Kalyanne Fernández.
Clasificación del Suelo: Nueva Versión Cuba: Pardo mullido, sin carbonatos, formado de materiales aluviales de esquistos de color oscuro Soil Taxonomy: Mollisol Udoll Hapludalf Flurentic Hapludalf FAO/UNESCO: Cambisol	Diagnósticos Hor. Principal: Síalico Hor. Normal: Mullido Caract. Diagn. Materiales intemperizantes Epidedón: Molico Endopedon: Cambico Régimen Hídrico: Udico Régimen Térmico: Hypertérmico	
Localización Ubicación: Precordillera en Jibacoa, Manicaragua. Hoja Cartográfica: Cumanayagua Altura (msnm): 380 Municipio: Manicaragua Coordenadas: N: 248.700 E: 600.300 Provincia: Villa Clara País: Cuba		
Factores de Formación: <ol style="list-style-type: none"> 1. Formas del Terreno. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Posición Fisiográfica del Lugar: Depresión 1.2 Topografía del Terreno Circundante: Fuertemente diseccionado 1.3 Microrelieve: no se observa 2. Pendiente del perfil: Suavemente inclinado (2- 6%) 3. Vegetación o uso de la tierra: Vivero de café 4. Clima: Precipitación anual: 1700 mm Temperatura media anual: 22 °C Duración del periodo seco: 2 meses 5. Material de Origen: Eluvio de esquistos de color oscuro. 6. Tiempo: Período Cuaternario. 		

Descripción Perfil: Expto 4.

Horizonte: O1

Profundidad: 0-2 cm

Horizonte orgánico de hojarasca en descomposición.

Horizonte: Am

Profundidad: 2-7 cm

Color en seco 10 YR 5/2, pardo grisáceo; en húmedo 10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro, estructura granular, friable, textura loam arcillosa, con muchas raíces finas, no reacciona al HCl, transición gradual.

Horizonte: A12

Profundidad: 7-19 cm

Color en seco 10 YR 5/2, pardo grisáceo; en húmedo 10 YR 3/1 gris muy oscuro, estructura nuciforme-granular, friable húmedo, textura loam arcillosa, con muchas raíces finas, no reacciona al HCl, transición gradual

Horizonte: A12

Profundidad: 19-30 cm

Color en seco 10 YR 5/1, gris; en húmedo 10 YR 3/1 gris muy oscuro, estructura bloques subangulares que se desmenuzan en nuciforme, húmedo, algo plástico, con raíces medias y gruesas, no reacciona al HCl, transición neta y ondulada

Horizonte: B

Profundidad: 30-50 cm

Color en seco 5YR 6/4, pardo rojizo claro, en húmedo 10 YR 3/2 pardo oscuro, loam arcilloso, estructura de bloques subangulares de 3-5 cm, ligeramente compactado y algo plástico, con raíces medias y gruesas, no reacciona al HCl, transición neta y ondulada.

Horizonte: BC1

Profundidad: 50-65 cm

Color en seco 2.5Y 6/2, gris pardusco claro, en húmedo 2.5 Y 3/2 pardo grisáceo muy oscuro, loam arcilloso, con muchos puntos brillantes de mica, estructura bloques subangulares pequeños.

Horizonte: BC2

Profundidad: 65-90 cm

Color en seco 2.5Y 6/2, gris pardusco claro, en húmedo 2.5 Y 4/2 pardo grisáceo oscuro, loam, ligeramente compactado, con muchos puntos brillantes de mica, estructura bloques subangulares pequeños

R

Profundidad: > 90 cm

Esquistos micáceos de color pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2 y gris muy oscuro 2.5 y 3/0 que se fragmentan con la mano

Anexo 1.4 Descripción de los perfiles.

Instituto de Suelos Sistema Descripción de Perfiles		
No Perfil: Exptos 6,7,8.	Fecha: 13-09-98	Autores: Hernández. A; Salazar, A; Fernández. F; Rivera. R y Kalyanne Fernández.
Clasificación del Suelo: Nueva Versión Cuba: Pardo vértico, sin carbonatos. Soil Taxonomy: Inceptisol Tropept Eutropept Typic Eutropept FAO/UNESCO: Cambisol Vértico	Diagnósticos Hor. Principal: Síalico Caract. Diagn. Sin carbonatos, Minerales intemperizantes Epidedón: Ocrico Endopedon: Cambico Régimen Hídrico: Udico Régimen Térmico: Isohypertérmico	
Localización Ubicación: Valle de Jibacoa, Hoja Cartográfica: Manicaragua. Altura (msnm): 340-380 Municipio: Manicaragua Coordenadas: N: 245.750 E: 603- 700 Provincia: Villa Clara País: Cuba		
Factores de Formación: 7. Formas del Terreno. 7.1 Posición Fisiográfica del Lugar: Terraza antigua de Valle fluvial 7.2 Topografía del Terreno Circundante: Plano o casi plano y colinado 7.3 Microrelieve: no se observa 8. Pendiente del perfil: Llano (0-2%) 9. Vegetación o uso de la tierra: Vivero de caféto 10. Clima: Precipitación anual: 1700 mm Temperatura media anual: 24 °C Duración del periodo seco: 2 meses 11. Material de Origen: deluvio. 12. Tiempo: Período Cuaternario.		

Descripción Perfil: Exptos 6,7,8.

Horizonte: A

Profundidad: 0-18 cm

Color en seco 2.5Y 6/2, gris pardusco claro, en húmedo 5 Y 3/1 gris muy oscuro, loam arcilloso, estructura bloques prismáticos grandes, compactado, húmedo, poco poroso, no reacciona al HCl, transición gradual y ondulada.

Horizonte: AB

Profundidad: 18-40 cm

Color en seco 5Y 6/2, gris oliváceo claro, en húmedo 5 Y 3/2 gris oliváceo oscuro, arcilloso, estructura bloques prismáticos grandes, compactado y plástico, húmedo, poco poroso, no reacciona al HCl, transición gradual y ondulada

Horizonte: B

Profundidad: 40-70 cm

Color en seco 5Y 5/2, gris oliváceo en húmedo 5 Y 3/2 gris oliváceo oscuro, loam arcilloso, estructura bloques subangulares grandes, compactado y plástico, húmedo, con gravas y esquistos, no reacciona al HCl, transición brusca y ondulada

C

Profundidad: > 70 cm

Sedimentos gravillosos con fragmento de esquistos.

Anexo 1.5 Descripción de los perfiles.

Instituto de Suelos Sistema Descripción de Perfiles		
No Perfil: Exptos 9,10.	Fecha: 13-09-98	Autores: Hernández. A; Salazar, A; Fernández. F; Rivera. R y Kalyanne Fernández.
Clasificación del Suelo: Nueva Versión Cuba: Alítico de baja actividad, ócrico, formado de corteza de intemperismo antigua redepositada. Soil Taxonomy: Typic kanhapludolf FAO/UNESCO: Acrisol órtico	Diagnósticos Hor. Principal: Alítico Hor. Normal: Argílico y Ocrico Caract. Diagn. Contacto paralítico. Epipedón: Ocrico Endopedon: Argílico Régimen Hídrico: Udico Régimen Térmico: Hypertérmico	
Localización Ubicación: 6 km. Al sur de Tope de Collantes. Hoja Cartográfica: Tope de Collantes Altura (msnm): 480-500 Municipio: Tope de Collantes Coordenadas: N: 229.100 E: 601.600 Provincia: Sancti Spiritus País: Cuba		
Factores de Formación: 7. Formas del Terreno. 7.1 Posición Fisiográfica del Lugar: Valle intramontano 7.2 Topografía del Terreno Circundante: Montañoso 7.3 Microrelieve: Canteros de viveros 8. Pendiente del perfil: Llano (0-2%) 9. Vegetación o uso de la tierra: Vivero de café 10. Clima: Precipitación anual: 2200 mm Temperatura media anual: 18-19 °C Duración del periodo seco: no hay 11. Material de Origen: Aluvio- deluvio de corteza de intemperismo antigua y esquistos micáceos 12. Tiempo: Período Cuaternario.		

Descripción Perfil: Exptos 9, 10.

Horizonte: AP

Profundidad: 0-18 cm

Color en seco 7,5 YR 6/4, pardo claro; y en húmedo 7,5 YR 5/4 pardo, textura loam, estructura poco apreciable, friable, húmedo, poroso, con gravitas y fragmentos de esquistos micáceos, no reacciona al HCl, transición neta y ondulada.

Horizonte: Bt

Profundidad: 18-40 cm

Color en seco 7,5YR 6/6, amarillo rojizo, en húmedo 7,5 YR 4/4 pardo oscuro, loam arcilloso, estructura de bloques subangulares poco definida y poco estable, friable, húmedo poroso, con muchos fragmentos de esquistos micáceos y algo de cuarzo, no reacciona al HCl, transición brusca y ondulada.

Horizonte: C

Profundidad: 40-70 cm

Color en seco 7,5YR 6/4, pardo claro, en húmedo 7,5 YR 4/4 pardo oscuro, loam, sin estructura, friable, muy húmedo, poroso, con muchos fragmentos de esquistos micáceos y algo de cuarzo, no reacciona al HCl, transición brusca y ondulada.

Horizonte: IIBt

Profundidad: 70-100 cm

Color en seco 5YR 5/4, pardo rojizo, en húmedo 7,5 YR 4/2 pardo oscuro, arcilloso, estructura de bloques subangulares de 7-10 cm, con nódulos ferruginosos (perdigones) pisolíticos, muy húmedo, poco poroso, con gravitas, no reacciona al HCl, transición brusca y ondulada

Horizonte: IICgr

Profundidad: 100-130 cm

Color en seco 10YR 5/8, pardo amarillento, en húmedo 10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro, foam-loam arcilloso, no se aprecia la estructura, ligeramente compactado, algo plástico, muy húmedo, poco poroso, con gravitas, no reacciona al HCl, transición brusca y ondulada.

Horizonte: IIIBt

Profundidad: 130-150-t cm

Color en seco 5YR 6/8, amarillo rojizo, en húmedo 7,5 YR 5/8 pardo fuerte, arcilloso, estructura no apreciable, húmedo y plástico, no reacciona al HCl.

Anexo 1.6. Comentario acerca de la fertilidad general de los suelos estudiados.

Los suelos Alíticos se encuentran ubicados en valles intramontanos dentro de las alturas de Topes de Collantes, donde se forman en tiempo y espacio a partir de una corteza de intemperismo antigua. Son suelos con horizontes **B** argílico, que tienen $\text{pH KCL} \leq 4.0$ y saturación por Al $>50\%$, además las sumas de bases cambiables es más alta en el horizonte **A** producto de los aportes actuales de aluvios enriquecidos provenientes de materiales cálcicos que se presentan intercalados con los esquistos que dieron lugar a la formación de estos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es entre $4\text{--}5 \text{ cmol.kg}^{-1}$ en los horizontes subyacentes con más del 50 % de saturación por Al.

Desde el punto de vista de su fertilidad el suelo tiene por una lado la CIC baja ($< 10 \text{ cmol.kg}^{-1}$), acidez alta ($\text{pH} < 4$), Toxicidad por Al cambiante y alta fijación de fósforo (P), se estima que 1 cmol.kg^{-1} de Al puede fijar hasta 70 ppm de P. Hay que tener en cuenta que al erosionarse el suelo y perderse el horizonte A, entonces las condiciones de fertilidad se empeoran, pues aflora en superficie el horizonte B, ácido y rico en Al cambiante.

Los suelos Fersialíticos, se encuentran en la misma región fisiográfica, aunque en partes bajas (valles intramontanos). La formación de estos suelos está influenciada por los materiales redepositáreos de las cortezas de intemperismo de los suelos Alíticos y las calizas cristalinas.

La morfología del perfil es de tipo **ABC**, con horizonte **B** argílico, con colores rojos amarillentos heredados de la corteza de intemperismo redepositada; pero por el pH y el contenido en Al cambiante no alcanza los parámetros propios de los suelos Alíticos.

La fertilidad del suelo es mejor, considerada de media, con pH superiores, y CIC superior a los suelos Alíticos.

Los suelos Pardos llegan a ser los de más alta fertilidad, representados por dos subtipos, mullido y vérticos. El perfil del primero, es muy fértil y rico en materia orgánica, bases cambiables y buena CIC, el otro subtipo, está más cultivado y además presenta las limitaciones típicas de este, con la estructura de bloques prismáticos en superficie.

La fertilidad en general de estos suelos sigue la siguiente secuencia:

Pardo mullido>Pardo vértico>FsPR>Alíticos.

Anexo 2. Tablas generales de cada uno de los experimentos (1-10).

Tabla 1: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 1.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1.P0 C1 S+	21.0 b	4.9 bc	281.3 cde
2.P0 C1 S-	22.1 bc	6.0 a	349.5 b
3.P0 C2 S+	16.5 fg	4.4 def	282.8 c
4.P0 C2 S-	19.1 d	5.0 b	225.9 fg
5.P0 C3 S+	18.5 de	4.0 g	182.2 i
6.P0 C3 S-	25.9 a	5.9 a	369.2 a
7.P0 S+	16.1 fg	4.2 efg	148.1 i
8.P0 S-	14.1 h	4.0 g	131.5 i
9.P ^{1/2} C1 S+	16.5 fg	5.0 b	255.5 de
10.P ^{1/2} C1 S-	19.4 cd	5.0 b	273.5 cd
11.P ^{1/2} C2 S+	13.1 h	4.4 def	248.4 e
12.P ^{1/2} C2 S-	19.1 d	4.1 fg	190.9 hi
13.P ^{1/2} C3 S+	15.4 gh	4.7 bcd	183.4 i
14.P ^{1/2} C3 S-	16.8 efg	4.5 def	318.8 bc
15.P ^{1/2} S+	14.2 h	4.0 g	198.2 ghi
16.P ^{1/2} S-	14.5 h	4.0 g	198.6 ghi
17.Test (NPK)	14.0 h	3.6 g	103.4 i
Es x	0.62 ^{***}	0.11 ^{***}	5.89 ^{***}
C.V %	9.5	7.4	10.8

Leyenda:

P0 y P^{1/2}: Niveles de fósforo.

C1: *Glomus sp*¹.

C2: *Acaulospora scrobiculata*.

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria Solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según

Dócima de Duncan para p≤0.001

***: Diferencias significativas

Tabla 1a: Contenidos foliares (%) de N, P y K encontrados en los distintos tratamientos en el experimento. 1.

Tratamientos	N (%)	P (%)	K (%)
1.P0 C1 S+	2.33 cd	0.22 cde	2.00 e
2.P0 C1 S-	2.86 b	0.32 a	2.93 b
3.P0 C2 S+	2.13 efg	0.24 cd	2.00 e
4.P0 C2 S-	2.06 fg	0.22 cde	1.86 g
5.P0 C3 S+	1.18 k	0.18 def	1.90 f
6.P0 C3 S-	3.50 a	0.30 ab	3.16 a
7.P0 S+	1.03 m	0.13 gh	1.03 m
8.P0 S-	1.06 l	0.10 h	1.00 m
9.P ^{1/2} C1 S+	2.06 fg	0.21 cde	2.03 e
10.P ^{1/2} C1 S-	2.10 efg	0.24 cd	2.00 e
11.P ^{1/2} C2 S+	2.13 ef	0.23 cde	2.00 e
12.P ^{1/2} C2 S-	2.30 cd	0.18 def	2.10 d
13.P ^{1/2} C3 S+	1.76 i	0.18 def	1.56 j
14.P ^{1/2} C3 S-	2.20 de	0.26 bc	2.00 e
15.P ^{1/2} S+	1.73 ij	0.17 efg	1.30 l
16.P ^{1/2} S-	1.33 j	0.15 fgh	1.43 k
17.Test (NPK)	1.75 ij	0.18 def	1.33 l
Es x	0.088 ***	0.009 ***	0.037 ***
C.V %	7.72	7.36	3.42

Leyenda:

P0 y P^{1/2}: Niveles de fósforo.

C1: *Glomus sp*¹.

C2: *Acaulospora scrobiculata*.

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según

Dócima de Duncan para p≤0.001

***: Diferencias significativas

Tabla 1b: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 1.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g.
1.P0 C1 S+	32.0 cde	5.84 bcd	11.60 bcd	48.00 i
2.P0 C1 S-	31.3 cdef	5.98 bc	11.90 bc	55.66 fgh
3.P0 C2 S+	30.0 efg	3.78 def	7.54 def	29.33 n
4.P0 C2 S-	26.4 ghi	2.44 efg	4.88 efg	38.66 l
5.P0 C3 S+	35.5 c	7.64 b	15.28 b	64.00 cd
6.P0 C3 S-	42.7 a	12.32 a	24.65 a	72.00 b
7.P0 S+	30.9 gef	1.36 g	2.73 g	33.33 m
8.P0 S-	34.1 cd	1.34 g	2.69 g	42.33 jk
9.P ¹ / ₂ C1 S+	19.2 i	3.80 def	7.60 def	57.00 fg
10.P ¹ / ₂ C1 S-	27.4 fghi	4.60 cde	9.20 cde	61.66 de
11.P ¹ / ₂ C2 S+	29.3 efgh	3.17 efg	6.34 efg	37.33 l
12.P ¹ / ₂ C2 S-	22.0 ij	3.31 efg	6.62 efg	41.66 k
13.P ¹ / ₂ C3 S+	27.5 fgh	6.17 bc	12.34 bc	66.66 c
14.P ¹ / ₂ C3 S-	27.5 fgh	7.69 b	15.38 b	76.33 a
15.P ¹ / ₂ S+	25.4 hij	1.28 g	2.27 g	53.66 h
16.P ¹ / ₂ S-	30.0 efg	1.67 fg	3.34 fg	58.66 ef
17.Test (NPK)	29.9 efg	2.22 efg	4.44 efg	38.60 l
Es x	1.23 ^{***}	0.42 ^{***}	0.82 ^{***}	2.04 ^{***}
C.V %	12.45	23.75	22.93	6.17

Leyenda:

P0 y P¹/₂: Niveles de fósforo.

C1: *Glomus sp*¹.

C2: *Acaulospora scrobiculata*.

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomona fluorescens*), con y sin inoculación.

P.I: Porcentaje de Infección. E.A: Endófito arbuscular.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para p≤0.001

***: Diferencias significativas

Tabla 2: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 2.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de Hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 C1 S+	15.9 a	6.4 b	373.6 b
2. 5:1 C1 S-	15.1 abcd	6.0 bc	346.8 bc
3. 5:1 C2 S+	13.7 cdef	4.8 de	229.2 fg
4. 5:1 C2 S-	12.5 fghi	6.3 b	213.6 fg
5. 5:1 C3 S+	15.6 ab	7.2 a	364.1 b
6. 5:1 C3 S-	15.6 ab	7.2 a	481.1 a
7. 5:1 S+	13.6 def	4.6 de	243.7 efg
8. 5:1 S-	11.6 hi	4.3 e	173.8 hi
9. 3:1 C1 S+	9.5 k	4.7 de	240.4 efg
10. 3:1 C1 S-	10.7 jk	5.2 d	249.7 ef
11. 3:1 C2 S+	14.6 abcd	4.8 de	296.3 d
12. 3:1 C2 S-	15.0 abcd	4.9 de	301.8 d
13. 3:1 C3 S+	10.9 ij	5.2 d	280.3 de
14. 3:1 C3 S-	11.8 ghi	5.3 cd	206.3 gh
15. 3:1 S+	10.2 k	4.1 f	140.6 i
16. 3:1 S-	13.9 bcde	5.0 de	229.2 fg
Es x	0.57 ^{***}	0.26 ^{***}	13.90 ^{***}
C.V %	8.5	10.1	6.30

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus sp*¹

C2: *Acaulospora scrobiculata*.

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según

Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 2a: Contenidos foliares (%) de N, P y K encontrados en los distintos tratamientos en el experimento. 2.

Tratamientos	N (%)	P (%)	K (%)
1. 5:1 C1 S+	2.23 d	0.34 c	2.00 b
2. 5:1 C1 S-	2.10 e	0.31 d	2.00 b
3. 5:1 C2 S+	1.86 g	0.22 g	1.36 g
4. 5:1 C2 S-	1.80 gh	0.20 jk	1.56 f
5. 5:1 C3 S+	2.53 c	0.35 b	2.06 b
6. 5:1 C3 S-	3.03 a	0.37 a	2.50 a
7. 5:1 S+	2.16 de	0.21 ij	1.90 c
8. 5:1 S-	1.56 k	0.13 m	1.66 e
9. 3:1 C1 S+	1.76 ghi	0.20 k	1.56 f
10. 3:1 C1 S-	1.73 hij	0.22 g	1.80 d
11. 3:1 C2 S+	1.86 g	0.20 jk	1.80 d
12. 3:1 C2 S-	2.73 b	0.30 e	2.56 a
13. 3:1 C3 S+	2.16 de	0.27 f	1.83 d
14. 3:1 C3 S-	1.44 l	0.18 l	1.06 j
15. 3:1 S+	1.33 m	0.11 n	1.10 i
16. 3:1 S-	1.70 ij	0.21 ij	1.23 h
Es x	0.10 ^{***}	0.007 ^{***}	0.072 ^{***}
C.V %	8.88	5.05	7.22

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus sp*¹

C2: *Acaulospora scrobiculata*.

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según

Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 2b: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 2.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 5:1 C1 S+	38.1 bcde	6.5 cdef	13.06 cdef	40.6 defg
2. 5:1 C1 S-	41.5 bc	7.9 bcd	15.86 bcd	47.0 bdce
3. 5:1 C2 S+	40.7 bcd	7.4 cdef	14.80 cdef	20.6 k
4. 5:1 C2 S-	34.2 efg	4.8 fgghi	9.73 fgghi	25.0 jk
5. 5:1 C3 S+	47.6 a	10.3 b	20.63 b	45.0 cdef
6. 5:1 C3 S-	49.5 a	14.9 a	19.94 a	50.6 bcd
7. 5:1 S+	31.4 fgh	5.3 defg	10.60 defg	35.0 ghi
8. 5:1 S-	35.1 cdef	7.6 cde	15.26 cde	38.0 efgh
9. 3:1 C1 S+	29.9 fgh	4.2 ghi	8.46 ghi	45.3 bcde
10. 3:1 C1 S-	41.2 bc	6.1 cdef	12.20 cdef	52.0 bc
11. 3:1 C2 S+	35.4 cdef	5.3 defg	10.60 defg	25.0 jk
12. 3:1 C2 S-	35.2 cdef	5.7 cdef	11.46 cdef	31.3 ij
13. 3:1 C3 S+	39.2 bcde	8.1 bc	16.20 bc	52.3 bc
14. 3:1 C3 S-	25.9 h	4.1 ghi	8.26 ghi	61.3 a
15. 3:1 S+	34.6 defg	5.1 efgh	10.26 efgh	33.6 hij
16. 3:1 S-	38.4 bcde	5.2 defg	10.53 defg	47.0 bcde
Es x	1.94***	0.61***	1.23***	1.25***
C.V %	15.98	16.93	17.01	17.94

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus sp*¹

C2: *Acaulospora scrobiculata*

C3: *Glomus clarum*.

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

P.I: Porcentaje de Infección. E.A: Endófito arbuscular.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 3: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 3.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area Foliar (cm ²)
1. 5:1 C1	22.4 a	7.1 a	438.7 a
2. 5:1 C2	18.5 c	6.4 b	360.5 b
3. 5:1 C3	12.5 e	5.6 c	242.2 c
4. 5:1	13.4 e	5.6 c	180.6 d
5. 3:1 C1	16.4 d	5.9 bc	245.5 c
6. 3:1 C2	19.4 bc	6.2 bc	329.6 b
7. 3:1 C3	15.4 de	5.6 c	270.0 c
8. 3:1	15.9 d	4.8 d	256.8 c
Es x	0.55 ^{***}	0.16 ^{***}	7.35 ^{***}
C.V %	9.94	5.32	5.21

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: **Concentrado de Cepas Nativas.**

C2: ***Glomus occultum.***

C3: ***Acaulospora scrobiculata***

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 3a: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 3.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 5:1 C1	50.4 a	9.6 b	22.2 a	42.3 cd
2. 5:1 C2	40.7 c	11.0 a	20.1 b	53.6 b
3. 5:1 C3	29.4 g	4.7 ef	9.5 ef	36.6 e
4. 5:1	32.1 f	7.2 c	10.4 e	40.0 d
5. 3:1 C1	31.8 f	5.9 cde	11.8 de	54.3 b
6. 3:1 C2	41.4 c	7.1 cd	14.2 cd	61.0 a
7. 3:1 C3	35.4 e	2.9 g	5.8 g	40.6 d
8. 3:1	37.8 d	6.4 cd	13.9 cd	45.3 c
Es x	0.88***	0.36***	0.69***	1.95***
C.V %	3.92	9.65	9.34	6.89

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: **Concentrado Cepas Nativas.**

C2: **Glomus occultum.**

C3: **Acaulospora scrobiculata**

P.I: Porcentaje de Infección. E.A: Endófito arbuscular.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 4: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 4.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 R-	6.4 f	4.9 b	46.7 i
2. 5:1 R+	11.5 c	4.8 b	251.6 d
3. 5:1 C1 R-	11.5 c	4.8 b	176.1 f
4. 5:1 C1 R+	13.4 ab	5.9 a	382.3 b
5. 5:1 C2 R-	12.6 b	4.9 b	207.4 e
6. 5:1 C2 R+	14.7 a	6.3 a	309.3 b
7. 5:1 C3 R-	7.1 f	4.2 bc	164.4 g
8. 5:1 C3 R+	8.9 de	4.9 b	137.3 h
9. 7:1 R-	6.6 f	4.0 c	83.9 j
10. 7:1 R+	11.0 c	4.0 c	104.6 i
11. 7:1 C1 R-	14.7 a	6.0 a	299.6 c
12. 7:1 C1 R+	13.4 ab	5.9 a	402.6 a
13. 7:1 C2 R-	11.1 c	5.8 a	307.7 c
14. 7:1 C2 R+	12.0 bc	6.3 a	371.1 b
15. 7:1 C3 R-	6.3 f	4.5 bc	161.2 g
16. 7:1 C3 R+	7.4 ef	4.3 bc	97.9 i
17. 3:1 R-	13.7 a	3.8 d	166.2 g
18. 3:1 R+	14.2 a	5.0 b	174.0 f
Es x	0.57 ^{***}	0.27 ^{***}	5.67 ^{***}
C.V %	18.4	25.7	7.00

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus clarum*

C2: *Glomus fasciculatum*

C3: *Glomus mosseae*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 4a: Contenidos foliares (%) de N, P y K encontrados en los distintos tratamientos en el experimento 4.

Tratamientos	N (%)	P (%)	K (%)
1. 5:1 R-	1.06 m	0.10 l	1.30 hij
2. 5:1 R+	1.63 h	0.23 f	1.23 ij
3. 5:1 C1 R-	1.43 j	0.12 k	1.33 gh
4. 5:1 C1 R+	2.20 d	0.30 c	2.03 d
5. 5:1 C2 R-	1.90 f	0.20 g	1.70 e
6. 5:1 C2 R+	2.10 e	0.19 h	1.73 e
7. 5:1 C3 R-	1.56 i	0.16 i	1.30 hij
8. 5:1 C3 R+	1.23 k	0.15 j	1.46 f
9. 7:1 S-	1.03 m	0.10 l	1.16 k
10. 7:1 S+	1.16 l	0.12 k	1.23 ij
11. 7:1 C1 R-	1.63 h	0.24 e	1.40 fg
12. 7:1 C1 R+	3.06 b	0.33 a	2.43 b
13. 7:1 C2 R-	2.70 c	0.29 d	2.23 c
14. 7:1 C2 R+	3.20 a	0.32 b	2.70 a
15. 7:1 C3 R-	1.70 g	0.15 j	1.26 hij
16. 7:1 C3 R+	1.43 j	0.10 l	1.23 ij
17. 3:1 R-	1.16 l	0.15 j	1.00 l
18. 3:1 R+	1.23 k	0.16 i	1.20 j
Es x	0.068 ^{***}	0.009 ^{***}	0.077 ^{***}
C.V %	6.57	8.40	8.34

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Glomus clarum*

C2: *Glomus fasciculatum*

C3: *Glomus mosseae*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Tabla 4b. Variables micorrízicas determinados en el experimento 4.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 5:1 R-	26.7 jk	3.0 fgh	3.0 h	22.0 h
2. 5:1 R+	50.5 c	8.8 cde	17.6 cde	37.6 ef
3. 5:1 C1 R-	43.4 d	6.8 def	13.6 def	47.0 c
4. 5:1 C1 R+	59.7 b	10.0 ab	20.1 a	65.0 b
5. 5:1 C2 R-	41.1 e	8.0 cde	16.0 cde	67.0 b
6. 5:1 C2 R+	41.9 de	11.1 bc	20.5 a	74.6 a
7. 5:1 C3 R-	38.3 fg	2.9 gh	5.8 gh	43.0 cd
8. 5:1 C3 R+	31.9 i	1.5 h	3.0 h	46.6 c
9. 7:1 S-	38.9 f	8.2 cde	11.5 e	17.3 i
10. 7:1 S+	37.1 gh	9.9 b	18.8 c	44.6 cd
11. 7:1 C1 R-	61.8 a	10.5 a	20.9 a	41.6 de
12. 7:1 C1 R+	62.4 a	10.4 a	20.9 a	43.3 cd
13. 7:1 C2 R-	51.1 c	10.7 a	19.4 b	44.0 cd
14. 7:1 C2 R+	58.1 b	10.2 a	19.4 b	30.3 g
15. 7:1 C3 R-	42.4 de	5.8 efg	6.0 gh	34.0 fg
16. 7:1 C3 R+	36.4 h	5.1 efgh	10.2 efgh	31.0 g
17. 3:1 R-	25.1 k	2.4 gh	4.8 gh	44.2 cd
18. 3:1 R+	27.4 j	3.0 gh	6.0 gh	45.6 c
Es x	1.11 ***	0.93 ***	1.87 ***	2.10 ***
C.V %	4.63	17.44	17.54	8.46

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus clarum*

C2: *Glomus fasciculatum*

C3: *Glomus mosseae*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación. P.I: Porcentaje de Infección. EA: Endófito arbuscular..

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 5: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 5.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 R-	21.5 def	6.9	422.9 f
2. 5:1 R+	20.2 fg	6.5	402.1 h
3. 5:1 C1 R-	21.1 ef	6.7	405.8 g
4. 5:1 C1 R+	22.5 cde	6.7	532.8 b
5. 5:1 C2 R-	23.1 cd	6.7	482.8 e
6. 5:1 C2 R+	25.9 a	6.7	570.3 a
7. 5:1 C3 R-	16.8 h	6.4	294.3 k
8. 5:1 C3 R+	25.9 ab	6.5	375.2 j
9. 7:1 S-	18.8 gh	6.8	407.4 g
10. 7:1 S+	17.5 h	6.5	396.1 i
11. 7:1 C1 R-	20.9 efg	6.7	487.5 d
12. 7:1 C1 R+	23.6 bcd	6.9	509.3 c
13. 7:1 C2 R-	25.3 ab	6.7	533.2 b
14. 7:1 C2 R+	24.3 abc	6.8	486.4 d
15. 7:1 C3 R-	12.6 i	5.5	188.3 l
16. 7:1 C3 R+	13.1 i	4.8	170.9 m
17. Test 3:1	20.6 ^{efg}	5.0	420.1 f
Es x	0.53***	0.40 n.s	2.10***
C.V %	4.42	10.73	7.50

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: **Concentrado de cepas Nativas**

C2: ***Glomus fasciculatum***

C3: ***Glomus clarum***

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (***Azotobacter chroococcum***), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 6: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 6.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 C1 R-	24.25 ab	7.16 a	502.30 ab
2. 5:1 C1 R+	24.83 a	7.16 a	532.70 a
3. 5:1 C2 R-	21.36 c	6.80 ab	338.80 d
4. 5:1 C2 R+	23.15 b	7.16 a	461.80 b
5. 5:1 C3 R-	23.96 ab	7.00 a	454.80 bc
6. 5:1 C3 R+	23.95 ab	7.00 a	473.80 b
7. 5:1 R-	20.13 c	6.50 b	342.00 d
8. 5:1 R+	22.50 bc	7.00 a	408.70 c
9. 7:1 C1 R-	19.71 d	6.70 ab	495.60 ab
10. 7:1 C1 R+	19.63 d	6.33 b	331.60 de
11. 7:1 C2 R-	19.50 d	6.60 b	338.60 d
12. 7:1 C2 R+	21.46 c	6.70 ab	344.60 d
13. 7:1 C3 R-	23.68 b	7.00 a	475.70 b
14. 7:1 C3 R+	19.41 d	6.83 ab	352.60 d
15. 7:1 R-	20.85 cd	6.50 b	349.70 d
16. 7:1 R+	16.93 g	6.50 b	351.80 b
17. 3:1 R-	18.40 f	5.50 c	297.00 e
18. 3:1 R+	21.80 c	6.66 ab	377.00 cd
Es x	0.47 ^{***}	0.14 ^{***}	16.08 ^{***}
C.V %	5.80	4.98	8.97

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus fasciculatum*

C2: *Glomus mosseae*

C3: *Glomus sp²*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$ ***: Diferencias significativas

Tabla 7: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 7.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 C1 S-	24.25 a	7.16 a	502.6 a
2. 5:1 C1 S+	20.33 b	6.66 ab	326.1 c
3. 5:1 C2 S-	21.36 b	6.80 ab	338.8 c
4. 5:1 C2 S+	21.21 b	7.00 a	353.4 c
5. 5:1 C3 S-	23.96 a	7.00 a	454.8 ab
6. 5:1 C3 S+	23.70 a	7.00 a	441.1 b
7. 5:1 S-	20.13 b	6.50 b	342.0 c
8. 5:1 S+	21.60 b	6.50 b	399.4 bc
9. 7:1 C1 S-	19.71 c	6.66 b	495.6 a
10. 7:1 C1 S+	21.00 bc	6.50 b	369.4 bc
11. 7:1 C2 S-	19.50 c	6.66 ab	338.9 c
12. 7:1 C2 S+	21.10 b	6.83 ab	368.9 bc
13. 7:1 C3 S-	23.68 a	7.00 a	485.7 ab
14. 7:1 C3 S+	22.70 b	6.83 ab	446.5 ab
15. 7:1 S-	20.85 b	6.50 b	349.7 c
16. 7:1 S+	19.56 c	6.50 b	385.5 bc
17. 3:1 S-	18.40 d	5.50 c	297.5 d
18. 3:1 S+	21.80 b	6.50 b	377.0 bc
Es x	0.47 ^{***}	0.158 ^{***}	21.3 n.s
C.V %	5.20	5.67	13.11

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Glomus fasciculatum*

C2: *Glomus mosseae*

C3: *Glomus sp*².

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomona fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Tabla 7a: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 7.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 5:1 C1 S-	41.1	10.1 ab	20.2 ab	34.3
2. 5:1 C1 S+	41.2	8.1 cde	16.3 cde	32.6
3. 5:1 C2 S-	43.7	8.1 cde	16.1 cde	25.6
4. 5:1 C2 S+	46.4	9.1 abc	18.2 abc	18.0
5. 5:1 C3 S-	47.7	7.4 ef	14.8 ef	60.0
6. 5:1 C3 S+	46.6	8.0 cde	16.0 cde	49.3
7. 5:1 S-	39.7	3.4 h	6.8 h	54.0
8. 5:1 S+	40.36	5.4 g	10.9 g	42.3
9. 7:1 C1 S-	40.7	9.1 abc	18.1 abc	41.6
10. 7:1 C1 S+	42.3	7.7 de	15.4 de	32.0
11. 7:1 C2 S-	41.0	8.7 bcde	17.5 bcd	24.3
12. 7:1 C2 S+	40.2	6.1 fg	12.3 fg	16.6
13. 7:1 C3 S-	48.3	10.5 a	20.9 a	42.3
14. 7:1 C3 S+	48.7	9.0 abc	18.1 abc	32.0
15. 7:1 S-	41.3	8.1 cde	16.1 cde	42.6
16. 7:1 S+	39.01	5.5 g	11.0 g	27.3
17. 3:1 S-	36.5	7.6 de	10.2 gh	39.9
18. 3:1 S+	38.9	8.1 cde	10.2 gh	41.3
Es x	0.42 n.s	0.36 ***	0.72 ***	4.35 n.s
C.V %	1.68	8.02	8.04	20.98

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus fasciculatum*

C2: *Glomus mosseae*

C3: *Glomus sp*².

P.I: Porcentaje de Infección. EA: Endófito arbuscular. S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomona fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 8: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 8.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 5:1 C1 R-	17.80 b	6.90 ab	402.50 b
2. 5:1 C1 R+	19.47 a	7.00 a	467.10 a
3. 5:1 C2 R-	17.72 b	6.50 b	354.30 bc
4. 5:1 C2 R+	19.10 ab	7.00 a	425.80 ab
5. 5:1 C3 R-	12.10 d	6.00 c	205.10 d
6. 5:1 C3 R+	15.15 c	6.20 bc	301.50 c
7. 5:1 R-	15.80 c	6.20 bc	297.50 c
8. 5:1 R+	17.60 b	6.50 b	320.00 c
9. 7:1 C1 R-	15.44 c	6.50 b	364.37 b
10. 7:1 C1 R+	16.77 bc	6.40 b	311.75 c
11. 7:1 C2 R-	16.56 bc	6.60 b	370.37 b
12. 7:1 C2 R+	18.12 ab	6.70 ab	380.25 b
13. 7:1 C3 R-	12.54 d	6.00 b	200.00 d
14. 7:1 C3 R+	13.33 cd	6.30 b	216.37 d
15. 7:1 R-	13.43 cd	6.20 b	296.62 c
16. 7:1 R+	16.82 bc	6.40 b	304.00 c
17. 3:1 R-	15.90 c	5.00 c	341.00 c
18. 3:1 R+	12.60 d	5.10 c	401.50 b
Es x	0.47 ^{***}	0.13 ^{***}	12.63 ^{***}
C.V %	16.99	4.98	14.92

Leyenda:

5:1 y 7:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Glomus fasciculatum*

C2: *Glomus mosseae*

C3: *Glomus sp*².

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para p≤0.001 ***: Diferencias significativas

Tabla 9: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 9.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 3:1 C1 R+	9.34 cdef	3.6 def	57.57 ghi
2. 3:1 C1 R-	11.80 a	5.0 a	119.55 ab
3. 3:1 C2 R+	10.20 bcde	4.4 abcd	78.13 defg
4. 3:1 C2 R-	10.40 abcd	4.8 ab	94.62 bcde
5. 3:1 C3 R+	8.60 f	4.2 abcd	61.60 ghi
6. 3:1 C3 R-	11.20 ab	4.6 abc	138.83 a
7. 3:1 R+	9.00 ef	5.0 a	102.49 bcd
8. 3:1 R-	8.20 f	4.0 bcde	57.70 ghi
9. 5:1 C1 R+	9.30 def	3.8 cdef	66.33 fgh
10. 5:1 C1 R-	10.90 abcd	5.0 a	71.70 efgh
11. 5:1 C2 R+	6.24 g	3.0 f	42.38 hij
12. 5:1 C2 R-	10.80 abcd	4.8 ab	107.44 bc
13. 5:1 C3 R+	4.30 h	3.0 f	21.58 j
14. 5:1 C3 R-	5.70 gh	3.4 ef	33.61 ij
15. 5:1 R+	9.00 ef	4.2 abcde	79.78 cdefg
16. 5:1 R-	10.50 abcd	5.0 a	65.84 fgh
Es x	0.33 ^{***}	0.20 ^{***}	6.32 ^{***}
C.V %	8.29	10.55	18.87

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Acaulospora scrobiculata*

C2: *Glomus sp*¹.

C3: *Glomus clarum*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Tabla 9a: Contenidos foliares (%) de N, P y K encontrados en los distintos tratamientos en el experimento 9.

Tratamientos	N (%)	P (%)	K (%)
1. 3:1 C1 R+	1.23 c	0.11 c	1.20 b
2. 3:1 C1 R-	1.70 b	0.13 b	1.30 a
3. 3:1 C2 R+	1.26 c	0.10 d	1.00 d
4. 3:1 C2 R-	1.23 c	0.10 d	1.13 c
5. 3:1 C3 R+	1.70 c	0.13 b	1.30 a
6. 3:1 C3 R-	1.76 a	0.14 a	1.30 a
7. 3:1 R+	1.00 e	0.10 d	1.00 d
8. 3:1 R-	1.00 e	0.11 c	1.00 d
9. 5:1 C1 R+	1.00 e	0.10 d	1.00 d
10. 5:1 C1 R-	1.00 e	0.10 d	1.00 d
11. 5:1 C2 R+	1.10 d	0.10 d	1.00 d
12. 5:1 C2 R-	1.23 c	0.10 d	1.00 d
13. 5:1 C3 R+	1.00 e	0.10 d	1.13 c
14. 5:1 C3 R-	1.13 d	0.10 d	1.20 b
15. 5:1 R+	1.00 e	0.10 d	1.00 d
16. 5:1 R-	1.00 e	0.10 d	1.13 c
Es x	0.037***	0.005***	0.021***
C.V %	5.32	7.46	3.34

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Acaulospora scrobiculata*,

C2: *Glomus sp*¹.

C3: *Glomus clarum*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas.

Tabla 9b: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 9.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 3:1 C1 R+	31.6 cd	10.56 de	21.12 de	17.0 e
2. 3:1 C1 R-	40.3 a	16.16 a	32.32 a	28.0 c
3. 3:1 C2 R+	37.1 b	11.83 cd	23.66 cd	32.3 bc
4. 3:1 C2 R-	37.3 b	13.53 bc	27.06 bc	41.6 a
5. 3:1 C3 R+	31.3 cd	9.41 def	18.83 def	24.0 d
6. 3:1 C3 R-	41.4 a	15.81 ab	31.62 ab	35.6 b
7. 3:1 R+	40.4 a	15.46 ab	30.93 ab	11.0 fg
8. 3:1 R-	30.5 d	9.78 def	19.56 def	15.6 e
9. 5:1 C1 R+	31.3 cd	14.21 abc	28.42 abc	13.6 ef
10. 5:1 C1 R-	35.5 b	14.15 abc	28.28 abc	16.0 e
11. 5:1 C2 R+	24.3 e	6.84 ghi	13.69 ghi	23.6 d
12. 5:1 C2 R-	40.4 a	10.88 de	21.76 de	32.0 bc
13. 5:1 C3 R+	14.4 f	5.00 i	10.00 i	26.6 d
14. 5:1 C3 R-	22.7 e	6.73 hi	13.46 hi	32.3 bc
15. 5:1 R+	35.6 b	8.80 efg	17.60 efg	5.0 h
16. 5:1 R-	32.6 c	7.61 fgh	15.23 fgh	8.6 gh
Es x	0.45 ^{***}	0.79 ^{***}	1.61 ^{***}	1.97 ^{***}
C.V %	2.4	12.39	12.63	15.06

Leyenda:

3:1 y 5:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Acaulospora scrobiculata*

C2: *Glomus sp*¹.

C3: *Glomus clarum*.

R+ y R-: Rizobacteria Promotora del crecimiento vegetal (*Azotobacter chroococcum*), con y sin inoculación. P.I: Porcentaje de Infección. EA: Endófito arbuscular

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$.

***: Diferencias significativas

Tabla 10: Efectos de los distintos tratamientos sobre algunas variables morfológicas en el experimento 10.

Tratamientos	Altura (cm)	Pares de hojas	Area foliar (cm ²)
1. 3:1 C1 S+	10.20 b	4.80 b	111.78 c
2. 3:1 C1 S-	12.20 ab	5.80 a	210.30 a
3. 3:1 C2 S+	10.54 bc	4.80 b	45.10 f
4. 3:1 C2 S-	8.50 c	4.00 b	106.8 c
5. 3:1 C3 S+	9.39 c	4.80 b	158.25 b
6. 3:1 C3 S-	13.80 a	6.60 a	213.08 a
7. 3:1 S+	9.00 c	4.2 b	46.08 e
8. 3:1 S-	9.34 c	4.2 b	86.38 de
Es x	0.50 ***	0.20 ***	8.30 ***
C.V %	10.76	9.03	13.92

Leyenda:

3:1: Relación Suelo:Humus de Lombriz.

C1: *Glomus clarum*.

C2: *Acaulospora scrobiculata*

C3: *Glomus sp*¹

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomonas fluorescens*), con y sin inoculación.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Tabla 10a: Variables micorrízicas determinadas en el experimento 10.

Tratamientos	P.I (%)	D.V (%)	E.A (mg/g suelo)	Esp/50g
1. 3:1 C1 S+	36.53 d	10.94 c	31.89 b	22.33 d
2. 3:1 C1 S-	48.60 b	17.10 a	37.20 a	37.33 b
3. 3:1 C2 S+	32.07 e	8.20 d	16.40 d	30.66 c
4. 3:1 C2 S-	41.33 c	5.70 e	29.40 b	29.00 c
5. 3:1 C3 S+	42.83 c	13.11 b	26.23 bc	23.66 d
6. 3:1 C3 S-	56.70 a	17.46 a	38.93 a	41.66 a
7. 3:1 S+	22.43 f	7.27 d	14.54 d	10.00 e
8. 3:1 S-	31.43 e	10.36 c	20.73 c	35.33 b
Es x	0.77 ^{***}	0.55 ^{***}	1.19 ^{***}	1.53 ^{***}
C.V %	3.68	10.73	9.14	9.27

Leyenda:

3:1: Relación Suelo: Humus de Lombriz.

C1: *Glomus clarum*.

C2: *Acaulospora scrobiculata*

C3: *Glomus sp*¹

S+ y S-: Bacteria solubilizadora de P (*Pseudomona fluorescens*), con y sin inoculación.

P.I: Porcentaje de Infección. EA: Endófito arbuscular.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente, según Dócima de Duncan para $p \leq 0.001$

***: Diferencias significativas

Anexo 3: Análisis Económico. Relación de Gastos materiales y de Salarios.

La base de cálculo de este trabajo se ejecutó tomando en cuenta los valores de las distintas actividades, salarios y materiales presentes en la carta tecnológica de vivero (vigente).

A continuación se presenta la relación de actividades programadas, gastos materiales y de salario calculados para 100.000 posturas de cafeto. A partir de estos valores se calcula en la tabla 26 el costo de una postura de cafeto.

Anexo 3.1. Gastos en pesos (\$) de Materiales y Actividades programadas para el inicio de 100 000 posturas de cafeto y producción terminada de 90000 en cada variante.

Actividades Programadas	Norma técnica S:HI 3:1	HMA S: HL 3:1	HMA S: HL 5:1	HMA S: HL 7:1
1. Acondicionamiento de tierra	5.93	5.93	5.93	5.93
2. Preparación de tierra	2318.9	2318.9	2318.9	2318.9
3. Humus de lombriz	1158.6	1158.6	697.8	502.5
4. HMA	-----	294.0	294.0	294.0
5. Preparación de Mezcla.	16.16	16.16	16.16	16.16
6. Const rucción de Canteros.	108.95	108.95	108.95	108.95
7. Llenado de Bolsas	2076.9	2076.9	2076.9	2076.9
8. Siembra de café	513.40	513.40	513.40	513.40
9. Atenciones Culturales.	110.46	95.20	79.80	87.1
10.Control.Fitosanitario.	674.0	752.9	631.5	669.8
11. Extracción de Posturas	320	320	320	320
.TOTAL	\$ 7453.3	\$ 7710.9	\$ 7113.3	\$ 6983.6

**Anexo 3.2. Relación de Gastos en Salarios (\$) para el inicio de 100 000 posturas de
café y producción terminada de 90000 en cada variante.**

Actividades Programadas	Norma técnica S:HL 3:1	HMA S: HL 3:1	HMA S: HL 5:1	HMA S: HL 7:1
1. Acondicionamiento de tierra	24	24	24	24
2. Preparación de tierra	946.03	946.03	946.03	946.03
3. Humus de lombriz	206.09	206.09	124.12	124.12
4. HMA	-----	16.71	16.71	16.71
5. Preparación de Mezcla.	172.80	172.80	172.80	172.80
6. Const rucción de Canteros.	116.74	116.74	116.74	116.74
7. Llenado de Bolsas	2074.56	2074.56	2074.56	2074.56
8. Siembra de café	383.44	383.44	383.44	383.44
9. Atenciones Culturales.	2744.72	2363.50	1982.30	2165.30
10.Control.Fitosanitario.	983.79	847.10	710.50	776.10
11. Extracción de Posturas	33.60	33.60	33.60	33.60
TOTAL	\$ 7685.8	\$7184.6	\$ 6584.8	\$ 6798.2

Anexo 4.

Relación de avales:

- Certificación de introducción del resultado científico-técnico **“Utilización del humus de lombriz en la producción de posturas de cafeto”**.
- Consideraciones sobre el trabajo presentado a premio Academia de Ciencias de Cuba, titulado **“Nutrición y productividad del cafeto”**.
- Resultado científico-técnico **“Uso de las micorrizas vesículo-arbusculares en la producción de posturas de cafetos”**.