



**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas**  
**Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas**

**Efectividad de la inoculación de cepas de hongos**  
***Micorrízicos Arbusculares* en el cultivo del**  
**aguacate (*Persea americana* Mill) en fase de vivero**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en**  
**Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes**

**Autor: Lic. Joaquín Curiel Fleites**

**Tutor: MSc. Luis Roberto Fundora Sánchez**

**San José de las Lajas, julio de 2011**

**“Año 53 de la Revolución”**

## **Agradecimientos**

- *A mi familia, por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo.*
- *A la Revolución cubana, por brindarme la posibilidad de formarme profesionalmente.*
- *A mi tutor, el MSc. Luis Roberto Fundora Sánchez por la ayuda brindada en la realización y revisión de este trabajo.*
- *A todos los profesores de la Maestría, por la dedicación y profesionalidad en el desempeño de la conquista de nuevos conocimientos.*
- *A todos aquellos colegas y amigos que de alguna manera, me han apoyado en la realización de esta investigación.*

## ***Dedicatoria***

***A mi familia.***

***Especialmente a la memoria de mi Padre que fue mi inspiración,  
mi primer guía y maestro en mi vida profesional y personal***

# Índice

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINAS</b>
<b>I. Introducción</b>	1
Problema científico	3
Novedad científica	3
Hipótesis de investigación	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
<b>II. Revisión Bibliográfica</b>	5
2.1. Origen y distribución geográfica del aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill)	5
2.2. Grupos Ecológicos	5
2.2.1. Mexicano	5
2.2.2. Guatemalteco	6
2.2.3. Antillano	6
2.3. Requerimientos climáticos y edáficos	7
2.4. Aspectos botánicos	8
2.4.1. Raíz	8
2.4.2. Tallo	9
2.4.3. Hojas	9
2.4.4. Flor	9
2.4.5. Fruto	10
2.5. Manejo del cultivo	10
2.5.1. Propagación	10
2.5.2. Uso de patrones	10
2.5.3. Vivero	11
2.5.4. Fertilización	12
2.6. Las Micorrizas	13
2.6.1. Clasificación de las micorrizas	14

2.6.2. Establecimiento de la simbiosis micorrízica arbuscular	15
2.6.3. Empleo de los HMA en la agricultura	17
2.6.4. Endomicorrizas en aguacate y su uso en la propagación en fase de vivero	18
2.6.5. Micorriza arbuscular y nutrición del aguacate	19
2.6.6. Fitosanidad del sistema radical de aguacate en relación con la micorriza	20
<b>III. Materiales Y Métodos</b>	21
3.1. Características generales del experimento	22
3.2. Características específicas del experimento	26
3.2.1. Tratamientos	26
3.2.2. Muestreo y evaluación	27
3.2.3. Diseño experimental y análisis estadístico	28
3.2.4. Valoración económica	28
<b>IV. Resultados y discusión</b>	29
4.1. Efecto de la aplicación de los inóculos en las variables de crecimiento	29
4.1.1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de aguacate a los 15 y 35 días después de la siembra.	31
4.1.2. Efecto de los tratamientos sobre los diferentes indicadores de crecimiento, altura de las plantas, diámetro de los tallos, número de hojas activas y longitud de las raíces, en diferentes momentos de evaluación.	31
4.1.3. Cuantificación de la colonización micorrízica a los 150 dds	39
4.2. Valoración económica	41
<b>V. Conclusiones</b>	44
<b>VI. Recomendaciones</b>	46
<b>VII. Referencias Bibliográficas</b>	47

## I. INTRODUCCIÓN.

El aguacatero (*Persea americana Mill.*), es una especie nativa de América. El origen de ella nace en un punto situado dentro de una amplia área continental comprendida entre los paralelos 10 y 25 de latitud norte y los meridianos 70 y 110 de longitud oeste, donde se encuentran ubicados geográficamente, México, Centroamérica llegando hasta Venezuela, Ecuador, Colombia y Perú. Pertenece a la familia *Lauraceae*, al igual que otras 85 especies del género *Persea*, distribuidas principalmente desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chile (Teliz *et al.*, 2000).

Que el aguacate no figure en las crónicas antiguas como planta establecida en Cuba, no garantiza rigurosamente que no se encontrara aquí en la época del descubrimiento. En el primer informe que rindió a la superioridad la estación Agronómica, durante el período comprendido entre 1904 y 1906, entre otros elementos, el Jefe del Departamento de Horticultura asegura que ya los campesinos distinguen con nombres algunas formas de esta fruta (Cañizares, 1973).

Los principales países productores son México, Estados Unidos, República Dominicana, Brasil, Perú, Israel, Sur África, Indonesia, Chile y España, mientras que los principales países consumidores son Francia, Inglaterra, Bélgica, Suiza, Suecia, Alemania, Japón, Canadá, Dinamarca, México, Centroamérica, Brasil, Chile, Colombia, y los países caribeños.

México es el primer productor con una superficie aproximada de 95,000 ha y una producción superior a 740 millones de toneladas en 2004 (SAGARPA, 2004; FAO, 2006). Los principales estados productores de aguacate en México son Michoacán y Nayarit. En este último estado existen 2,318 ha de aguacate en producción. Los principales municipios productores son Tepic (1,124 ha) y Xalisco (1, 000 ha).

En Cuba ha existido un deterioro eminente de las producciones y áreas destinadas a estas especies, basta tan solo señalar que en 1964 la producción alcanzada fue de 37 318 t, en 1971 decreció a 11 695 t, en 1974 y 1975 entró en producción un

número considerado de áreas plantadas (7 422 ha.) y la producción ascendió a 23136 t. En el año 1985 las áreas que aún se mantenían en producción no superaban las 5 143 ha, con una producción de 8 090 t.

En los últimos años en Cuba se viene desarrollando un amplio programa de recuperación de áreas destinadas a las producciones de frutales con vistas a garantizar mayores producciones de frutas para el abastecimiento en el mercado nacional y poder incorporar estas en las líneas de exportaciones agrícolas.

En la actualidad los sistemas de producción agrícola enfrentan el problema de lograr una producción sustentable sin degradar los recursos naturales. El impacto ecológico es cada vez más importante en los sistemas de producción a nivel mundial y el uso de productos amigables con el medio ambiente resulta imprescindible para preservar y mantener los recursos naturales, pero además, son un factor clave para elevar la rentabilidad en la producción agrícola.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas existentes entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores. Los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta y ésta se beneficia por la mayor exploración del suelo, lo que aumenta la capacidad de absorción de agua, nutrientes minerales y el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2001).

El uso de hongos micorrízicos para la producción de las plantas en la etapa de vivero, se puede considerar como una práctica obligatoria del viverista con posibilidades económicas y ecológicamente justificables al aumentar la nutrición y calidad del cultivo y así la producción para contribuir a una agricultura más sustentable y menos dependiente de los insumos. (Sieverdin, 1991).

La inoculación con HMA efectivos se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo, reducción del tiempo de estadía en vivero, ahorro en costos de fertilización, mayor producción y calidad del producto.

Entre la funciones y beneficios que las micorrizas le brindan a las plantas están el incremento de la capacidad de absorción de agua y nutrientes, por lo que ayudan al hospedante a resistir mejor las condiciones adversas de suelo y clima, favorecen el aumento de la biomasa y producción de los cultivos y contribuyen a la

formación de agregados estables en el suelo (Sieverding, 1991; Montaña et al., 2001; Fernández, 2003a; Filho, 2004).

Por lo general, los sustratos usados en vivero se tratan con biocida para eliminar los patógenos y las semillas de malezas, proceso que elimina o reduce los HMA nativos y afecta la captación de nutrientes especialmente el fósforo, y otros como el compost no contienen propágulos, por lo cual la introducción de inóculos de HMA ha tenido éxito en suelos desinfectados. El uso de sustratos apropiados para las plantas de vivero con proporciones óptimas de suelo en mezcla con materiales orgánicos e inorgánicos, permite mejorar la estructura del suelo, favorecen la aireación y aumentan la capacidad de retención de agua. (Sieverding, 1991; Davies y Albrigo, 1994).

En Cuba, se ha logrado encontrar una regularidad en los efectos alcanzados con la inoculación de las especies de HMA en cultivos agrícolas de interés económico (hortalizas, granos, forestales etc.). Sin embargo a pesar de ser el cultivo del aguacate una especie de gran interés para la alimentación de los seres humanos por las propiedades nutritivas y medicinales que ellos poseen, considerándose una fruta con un alto nivel de aceptación y consumo en muchos países incluyendo a Cuba, no se ha trabajado a profundidad sobre el uso y la aplicación de algunas cepas de HMA asociadas al cultivo del aguacate, por lo tanto se ha trazado como problema científico en este trabajo de tesis:

**Problema científico:**

Evaluar el comportamiento de cepas de HMA en las distintas variables de crecimiento e indicadores fúngicos en el cultivo del aguacate en la fase de vivero.

**Novedad científica:**

No se cuenta en Cuba con una información amplia y científicamente fundamentada relacionada con los efectos de distintas cepas de HMA sobre las variables de crecimiento e indicadores fúngicos en el cultivo del aguacate durante la fase de vivero.

Es considerable el impacto que las micorrizas pueden tener en el desarrollo del cultivo de aguacate, debido, por una parte, a que reduce el daño ambiental y promueve un enfoque de producción sustentable y con estas nuevas tecnologías se logra una modernización que incrementa la calidad y productividad.

A partir de los planteamientos anteriores se propone la siguiente **hipótesis de investigación:**

La utilización de los hongos micorrízicos arbusculares constituye una alternativa viable para la producción de plantas de aguacate en fase de vivero con una calidad superior, incrementando el crecimiento y desarrollo así como acortando el tiempo de aviveramiento.

Para validar esta hipótesis se realizó un experimento con los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Estudiar la aplicación práctica de la biofertilización con cepas de HMA en la obtención de plantas de aguacate en fase de vivero, mediante dos métodos de propagación: pre germinador y siembra en bolsas.

**Objetivos específicos:**

1. Estudiar la efectividad de la inoculación con dos cepas de HMA sobre la obtención de plantas de aguacate en dos métodos de reproducción, pre germinador (100% cascara de maní) y siembra en bolsas (sustrato suelo-cachaza), durante la fase de vivero.
2. Evaluar en la fase de vivero el funcionamiento de la asociación micorrízica en plantas de aguacate a través de los indicadores de crecimiento y diferentes variables fúngicas.
3. Contribuir al desarrollo de una metodología eficiente en la fase de vivero para la obtención de plantas de aguacate basada en el manejo de la inoculación micorrízica.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen y distribución Geográfica del aguacate (*Persea americana Mill*)

El aguacatero (*Persea americana Mill*) es una especie nativa de América. El origen de ella nace en un punto situado dentro de una amplia área continental comprendida entre los paralelos 10 y 25 de latitud norte y los meridianos 70 y 110 de longitud oeste, donde se encuentran ubicados geográficamente, México, Centroamérica llegando hasta Venezuela, Ecuador, Colombia y Perú. Pertenece a la familia *Lauraceae*, al igual que otras 85 especies del género *Persea*, distribuidas principalmente desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chile Teliz *et al.*, 2000).

Los principales países productores son México, Estados Unidos, República Dominicana, Brasil, Perú, Israel, Sur África, Indonesia, Chile y España, mientras que los principales países consumidores son Francia, Inglaterra, Bélgica, Suiza, Suecia, Alemania, Japón, Canadá, Dinamarca, México, Centroamérica, Brasil, Chile, Colombia, y los países Caribeños.

México es el primer productor con una superficie aproximada de 95,000 ha y una producción superior a 740 millones de toneladas en 2004. Los principales estados productores de aguacate en México son Michoacán y Nayarit. En este último estado existen 2,318 ha de aguacate en producción; los principales municipios productores son Tepic (1,124 ha) y Xalisco (1,000 ha) (SAGARPA, 2004; FAO, 2006)

### 2.2. Grupos ecológicos (Jiménez *et al.*, 2005).

#### 2.2.1. Mexicano.

Las hojas de las plantas pertenecientes a este grupo son las más coriáceas y al estrujarlas tienen olor a anís, la cáscara del fruto es muy delgada con coloración del verde intenso al morado de semilla pequeña y pulpa con alto contenido de aceite en ocasiones superior al 30 por ciento. La planta se desarrolla bien a la altura de 1000 a 1900 m SNM, a una temperatura media de 20 °C con una mínima tolerable entre - 6.7 °C; la temperatura alta del trópico afecta sus formas

hortícolas. Su categoría de humedad es de semi seco y la textura del suelo ideal para su cultivo es arcillo arenoso con estructura desde granulosa a polvorienta con buena fertilidad y pH de 7 a 7.5, es muy sensible a la salinidad y su cosecha se realiza entre los 180 y los 240 días después de la floración.

### **2. 2. 2. Guatemalteco.**

Las hojas son más grandes y menos coriáceas que las del grupo mexicano, las mismas no presentan el característico olor a anís. La cáscara del fruto es gruesa y quebradiza con diferentes coloraciones, su semilla es grande y el contenido en aceite de la pulpa varía entre los 8 a 15%. El árbol perteneciente a este grupo logra su mejor desarrollo entre los 500 y 1000 m SNM, con temperatura que fluctúe entre los 22 y 25 °C y su mínima de tolerancia no debe ser inferior a los -5,5 °C. Se considera que responde bien al clima semi húmedo y a un suelo bien drenado de textura arcillo arenoso, con alta fertilidad y es adecuado un pH entre 6 - 7; es sensible a las sales de sodio. Este grupo es de maduración tardía la cual oscila entre los 270 y 360 días después de la floración.

### **2. 2. 3. Antillano.**

Las hojas de los aguacateros de este grupo tienen un color más claro con nervaduras más visibles y no son coriáceas, sus frutos son grandes al igual que a semilla; la pulpa contiene menos contenido de aceite que el grupo guatemalteco y el mexicano, oscilando su contenido entre 3 y el 10%. Se ubican a una altura no más allá de los 500 m SNM. Las regiones de bajo nivel en el continente tropical y las insulares representan su mejor medio y sus mejores condiciones de desarrollo se encuentran a temperaturas entre 24 y 26 °C como promedio anual; sufre a temperatura de -1.1 °C y muere a - 4.5 °C aunque sea expuesto a esta temperatura por breve tiempo. Puede desarrollarse sin estación seca pero una alta humedad facilita el desarrollo de agentes patógenos. Exige las mismas condiciones de suelo que el grupo Guatemalteco, es susceptible a las condiciones salinas, aunque más resistente que los grupos ecológicos anteriores; su cosecha se realiza entre 180 y 270 días después de la floración.

### **2. 3. Requerimientos climáticos y edáficos** (Jiménez *et al.*, 2005).

Los aguacates de las tres razas conocidas difieren en las exigencias climáticas especialmente en lo referente al factor térmico. La “raza Mexicana”, es originaria de tierras altas con altitudes de 2400 y 2800 SNM, es muy resistente al frío pudiendo soportar temperaturas mínimas hasta de 2.2 °C. La “raza Guatemalteca” es originaria de tierras altas, entre los 800 y 2400 SNM. Puede ser considerada subtropical y ser cultivada en regiones donde las temperaturas mínimas medias sean superiores a los 4.5 °C algunos autores consideran que las temperaturas medias anuales de 17 °C y 19 °C son los límites de plena aptitud térmica para las variedades de raza mexicana y raza guatemalteca. La “raza antillana” es originaria de las zonas bajas con altitudes inferiores a los 800 SNM y son exigentes en calor, ubicando los índices térmicos comprendida entre 22 °C y 26 °C, óptimo con tendencia al déficit 18 °C a 22 °C y óptimo con tendencia al exceso, temperaturas medias mayores de 26 °C. Con relación a la humedad, todas exigen clima húmedo o semi húmedo, preferiblemente con estaciones secas y lluviosas bien definidas. En las regiones donde hay exceso de humedad dada la marcada susceptibilidad a las infecciones de origen fungoso que caracteriza a la planta su explotación se ve seriamente limitada.

La “raza mexicana” es la que tolera mejor la sequedad atmosférica siguiendo en orden decreciente la guatemalteca y la antillana. El viento es un factor climático de importancia pues llega a causar graves daños a la plantación. Vientos secos provocan el desecamiento del estigma, impidiendo así la polinización. La acción mecánica del viento que depende a la vez de su dirección, frecuencia e intensidad, ocasiona caída de flores y frutos y en ciertos casos quebraduras de ramas enteras que llegan muchas veces a alterar el equilibrio de la copa de la planta. Todas las razas de aguacate son exigentes a suelos bien drenados, cuya profundidad sea al menos de un metro. En suelos mal drenados las plantas presentan un ciclo de vida muy corto, siendo susceptibles a la pudrición radical. En los trópicos los árboles de aguacate pueden morir en pocos días de plantados en suelos que tengan capas impermeables o un manto freático de 60 a 90 cm. de profundidad del suelo, incluso cuando son plantados en camellones altos, aunque no sean tan

húmedos. En suelos pesados se ha observado que hay una reducción en el número total de raíces aumentando el diámetro de las mismas y en los suelos livianos, por el contrario se incrementaba el número total de raíces, favoreciéndose ampliamente el desarrollo de las mismas. Los suelos para el aguacatero deben tener gran permeabilidad natural, que sean libremente penetrantes y con una profundidad superior a los 80 cm, que el pH fluctúe entre 6,0 y 7,0. No podrá plantarse esta especie en suelos que tengan alta retención de agua, poco desplazamiento de aire y medios propios para el desarrollo de hongos patógenos, como es el *Phytophthora cinnamoni* Rands que tanto daño ocasiona a las raíces de este frutal, además es altamente susceptible a la salinidad del suelo.

## **2. 4. Aspectos botánicos** (Jiménez *et al.*, 2005).

### **2. 4. 1. Raíz.**

Generalmente las raíces son superficiales, la profundidad alcanzada puede ser de 1 a 1.5 m en suelos sueltos puede ser mayor, se caracteriza por tener muy pocos pelos absorbentes, la absorción de agua y nutrimentos se realiza principalmente en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios; esto determina la susceptibilidad del árbol al exceso de humedad que induce a la asfixia y ataques de hongos que pudren los tejidos radiculares. Se ha encontrado una alta asociación simbiótica de esta especie con hongos endomicorrízicos arbusculares, las cuales facilitan la absorción de todos los elementos minerales, pero sobre todo los de baja movilidad en el suelo como fósforo, cobre y zinc. El micelio de los hongos penetra en el tejido cortical de la raíz causando una hipertrofia notable y una ramificación extensiva. Como consecuencia de este hecho, se incrementa la superficie de absorción de las raíces. En el aguacate la eficiencia de la raíz se ve limitada por la carencia de pelos absorbentes y el empleo de micorrizas, constituye una alternativa para mejorar la misma algunos investigadores han encontrado respuesta positiva al empleo de micorrizas, las cuales además de incrementar la absorción de nutrimentos (fósforo, zinc y cobre) mejoran sustancialmente las relaciones hídricas de la misma, la cual se traduce en una mayor tasa de crecimiento de la planta.

#### **2. 4. 2. Tallo.**

El aguacate es una especie muy polimorfa, que por lo general es alto, de 10 a 20 m y a veces notoriamente erecto, con tronco torcido y de ramas bajas, con corteza áspera y a veces surcada longitudinalmente. Su copa de ramas extendidas; resulta propagada de anchura y altura, con formas globulosas o de campana. Las ramitas son gruesas, cilíndricas, al principio verde amarillentas y densamente pubescente; pero después son negras glabras, opacas o con poco brillo y con cicatrices prominentes diseminadas en las hojas.

#### **2. 4. 3. Hojas.**

Son coriáceas dispuestas en posición alternada, pecioladas, oblongas o elíptico-lanceoladas hasta ovaladas, 8 - 40 cm de largo con base aguda o truncada. Cuando jóvenes presentan un color rojizo, pero maduras, el haz es verde oscuro y con brillo escaso, el envés glauco y opaco, al principio densamente pubescente en ambas caras, después glabras, pinatinervada, con 4 - 10 pares de nervaduras laterales. Pecíolo largo, semicilíndrico, al principio poco pubescente, después glabra, de 1.5 a 5 cm de largo.

#### **2. 4. 4. Flor.**

Se desarrollan inflorescencias en racimos axilares, las flores se presentan en grandes cantidades, insertadas cerca de la base del brote nuevo; raquis cilíndrico o comprimido, de color verde amarillento, densamente pubescente con numerosas brácteas oblongas, lanceoladas de color verde amarillento; pubescente cortas y fugaces. Flores pequeñas, verdosas, hermafroditas, densamente pubescente, pedicelos cortos. La envoltura exterior o perianto de la flor es una sola, la cual se ha interpretado como un cáliz constituido por seis partes agudas dispuestas en dos grupos, siendo las externas ligeramente mayores. Algunos indican, se trata de tres sépalos y tres pétalos. Los estambres llegan a 12 en 4 verticilos, cuya serie interna formada por tres está reducida a estaminoides; los tres estambres funcionales más internos son más largos que los otros con anteras vueltas hacia fuera y con glándulas ovoides de tallo corto de color anaranjado en la base de los filamentos nectarios. Los 6 estambres perfectos más externos tienen anteras con

dehiscencia interna y carecen de glándulas. El ovario es unicelular con estilo sencillo y el estigma globoso.

#### **2. 4. 5. Fruto.**

El fruto es una drupa globosa generalmente periforme, oviforme o globosa de color verde amarillento hasta marrón y púrpura. La piel puede ser notablemente rugosa, gruesa y quebradiza (guatemalteca), delgada (mexicana), o gruesa y como cuero (antillana). La pulpa de color amarillo claro verdoso, o verde claro de consistencia de mantequilla y la semilla grande, globosa o puntiaguda, con dos envolturas muy pegadas, los cotiledones con casi hemisféricos y de color rosado, blanco amarillento o verde claro.

### **2.5. Manejo del cultivo (Jiménez *et al.*, 2005).**

#### **2.5.1. Propagación.**

Los métodos utilizados para propagar el aguacate son sexual (semilla) y asexual (injerto), el primero no se utiliza para la propagación de cultivares comerciales, debido a que presenta problemas de segregación, es decir las características del nuevo individuo no son iguales a la planta que lo creó, usándose este método exclusivamente como patrón para injertar los cultivares comerciales. Por consiguiente el método más recomendable es la vía asexual, que es por el cual se transmite las características de la planta deseada.

#### **2.5. 2. Uso de patrones.**

Tradicionalmente desde el siglo pasado se ha venido usando como patrón en el país el aguacate criollo (perrero) que es del grupo antillano con buenos resultados, ya que responde bien cuando es injertado con cualquier cultivar comercial y está adaptado a nuestras condiciones, pero como es sabido la semilla del aguacate es mono embriónica y al presentar esta característica las plantas que se obtienen son heterocigóticas, por tal motivo ninguna planta que se produzca por semilla será igual a sus progenitores, sino un híbrido entre ambos y esto es un inconveniente para obtener patrones resistentes a plagas y enfermedades, así como para el control del crecimiento, sin embargo en los países que tienen un alto desarrollo en este cultivo se están empleando técnicas moleculares para obtener patrones que salven estas dificultades.

En la actualidad además de usar el aguacate criollo como patrón, se están empleando otros desde finales del siglo pasado, como son híbridos del grupo antillano y del grupo guatemalteco y el cultivar Duque del grupo mejicano, el cual presenta buena tolerancia al hongo *Phytophthora cinnamoni* Rand, es un patrón que crece muy uniforme en el vivero y muy fácil de injertar y se combina bien con cualquier cultivar comercial usado en el país según resultados obtenidos por (Jiménez *et al.*, (2005)) en la tecnología para el cultivo del aguacate .

### **2.5.3. Vivero.**

En la fase de vivero, las posturas permanecen alrededor de 9 a 12 meses, etapa muy importante para garantizar plantaciones que proporcionan altos rendimientos. Para ellos se emplearán bolsas de 26 a 36 cm, de 120 a 150 micras de espesor o más. La preparación del suelo y organización del vivero será la tradicional que se utiliza en cualquier tipo de vivero, ya sea en tierra o en envase, el llenado del envase debe estar compuesto por lo menos con el 25% de materia orgánica (cachaza, guano de murciélago, estiércol vacuno, y otros que se encuentren disponibles). Las semillas deben proceder de frutos obtenidos de las plantas que se utilizan como patrón, ya sea del tipo “perrero” criollo del grupo antillano, de plantas fuertes, resistentes y de amplia adaptación, así como otros patrones que están recomendados, como es el caso del cultivar Duque del grupo mejicano y de híbridos de antillano x guatemalteco. Los frutos se cosecharán en los meses de junio a diciembre. Las semillas una vez extraídas de los frutos no deben estar más de 15 días sin sembrar. Las mismas se colocarán en el centro del envase o en pre germinaderos (canteros de tierra o tecnificado, ese sistema tiene la ventaja que las plantas germinadas pueden ser plantadas en el envase de una forma más uniforme, porque como es sabido, la semilla de aguacate no germina uniforme y esto es importante a la hora de realizar la injertación), dejando sin tapar con tierra una porción del ápice de un diámetro de 2 a 3 cm, por lo cual se tendrá que arropar, para evitar daños por el sol, hasta los 25 a 30 días que comenzará la germinación. Las plantas estarán de injerto a los 3 y 4 meses de colocadas las semillas, con una altura de 20 a 30 cm y un diámetro de 10 a 15 mm.

Ferrera-Cerrato, (1998) señala a demás que el injerto se realiza cuando el tallo de

la planta patrón tiene 1 cm de diámetro (aproximadamente 6 meses después de la siembra) y a 10 cm de la base. Debe realizarse en un lugar fresco y aireado para lograr una buena unión vascular entre el patrón y el injerto.

El método más difundido para injertar el aguacate es el de unión lateral aunque también da buenos resultados el injerto de púa terminal; sin embargo, también se practican otros como el injerto de escudete y el de hendidura, pero con menor éxito.

#### **2.5.4. Fertilización.**

En términos generales se debe aplicar el complejo nitrógeno, fósforo y potasio, así como micro elementos (Zinc, cobre, manganeso, boro, calcio, etc.) cuando la planta lo necesite, según análisis foliares. La aplicación de fertilizantes en el aguacatero en Cuba era empírica y a consideración de los productores; pero en estudios investigativos realizados en las décadas del 80 y del 90 del siglo pasado se determinó que la fertilización en el aguacatero hay que hacerla de una forma racional, según la edad de los árboles y épocas de aplicación. En la etapa de propagación no es necesario aplicar fertilizantes químicos, haciendo una aplicación de materia orgánica en el llenado de los envases, es suficiente para satisfacer las exigencias de las plantas para su desarrollo. La cantidad de abono orgánico a aplicar en los envases estará determinada por el tipo de suelo que se emplee como sustrato, ya que los suelos arcillosos son más compactos que los arenosos, por lo tanto se recomiendan usar para:

- Suelos arcillosos rojos (75% de suelo y 25% de abono orgánico).
- Suelos arenosos (50% de suelo y 50% de abono orgánico, éste puede ser combinado en un 25% y 25% de diferente tipo).
- Suelos arcillosos negros o pardos (25% de suelo y 75% de abono orgánico, por ejemplo éste puede ser combinado en un 25% de estiércol vacuno, un 25% de cachaza y un 25% de aserrín).

El uso de abono orgánico (estiércol o composta) resulta muy adecuado en aguacate. El contenido de nutrientes del abono orgánico puede fluctuar ampliamente, según el tipo de procedencia del animal, el forraje que reciba y el manejo que se le brinde.

Santacruz y Ochoa, 1999, plantean que la fertilización puede realizarse en forma foliar y al suelo. En la foliar puede utilizarse Bayfolan forte a razón de 300 cc/100 litros o Complezal 200 cc/100 litros a cada 30 días, en la fertilización al suelo puede utilizarse Gallinaza de 2 a 5 gramos por bolsa 1 vez cada 3 meses luego nitrógeno (urea) de 2 a 4 gramos por bolsa o nitrato de amonio 3 a 5 gramos por bolsa a cada 30 días. Resultados satisfactorios han sido informados también para su aplicación en viveros de cítricos, en proporción 1:1 con suelo del tipo Ferralsol sin necesidad de aplicar fertilizante mineral. Ampliamente utilizado también como abono orgánico, el humus de lombriz puede sustituir total o parcialmente las aplicaciones de fertilizantes químicos en diferentes cultivos.

Las plantas deben estar en el vivero en un período de alrededor de 12 meses, fertilizándose en esta etapa con una dosis entre 5 y 10 g de urea mensual (20 t en la etapa.)

## **2.6. Las micorrizas.**

La palabra micorriza, de origen griego, define la simbiosis entre un hongo (*mycos*) y las raíces (*rhizos*) de una planta. Sin embargo, el vocablo Micorrizas fue ampliado por primera vez y con un interés puramente sistemático, por el ilustre botánico de origen Alemán Albert Bernard Frank en el año 1885 para designar la asociación que se producían entre las hifas de algunos hongos del suelo con los órganos subterráneo de la gran mayoría de las plantas superiores (Fernández, 2003). Este mismo autor señala que, al igual que en otras relaciones simbióticas, los participantes obtienen beneficio. En este caso la planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí mismo es incapaz de sintetizar mientras que ella lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas. En la Naturaleza esta simbiosis se produce espontáneamente. Se estima que entre el 90 y el 95 % de las plantas superiores presentan micorrizas de forma habitual.

Es importante señalar que el funcionamiento de un ecosistema terrestre, de acuerdo a lo planteado por Barea (2002) y Rosa (2003) depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo. No sólo los ciclos biogeoquímicos de los

nutrientes son propulsados por microorganismos, sino que, además, los componentes de la microbiota del suelo protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas con las que se asocian. Entre otras acciones, los microorganismos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta contra patógenos, incrementan la resistencia/tolerancia de la planta a la sequía o salinidad, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo.

Según Barea (2002) las micorrizas eran consideradas excepciones, pero ahora se sabe que casi la totalidad de las plantas verdes, con algunas excepciones, viven en simbiosis con hongos. Y esto es así para musgos, helechos y Fanerógamas.

Entre los microorganismos del suelo, los hongos micorrizógenos, por su importancia para las plantas, han sido estudiados con mayor profundidad. Se ha demostrado que las asociaciones micorrízicas se encuentran ampliamente distribuidas, desde los polos hasta los trópicos, por lo tanto no debe sorprender en lo absoluto encontrar especies vegetales formando esta asociación en la mayoría de los ecosistemas terrestres, constituyendo excepciones algunas plantas de zonas pantanosas y acuáticas (Solaiman, 1995)

### **2.6.1. Clasificación de las Micorrizas.**

Las micorrizas del tipo arbuscular constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta, tanto por el número de hospedantes como por su distribución, siendo la más antigua de las que se tengan evidencias fósiles. Su origen se ubica en el principio del período Devoniano (más de 400 millones de años) (Remy *et al.*, 1994). Sin embargo, estudios moleculares basados en la secuencia del ADN ribosomal (ADNr) 18S, sugirieron que los Glomales poseían alrededor de 350-460 millones de años, y que la simbiosis fue un instrumento para la colonización exitosa de las plantas terrestres (Harrier, 2004).

Barea (1991) estimó que entre el 80 y el 90% de las especies vegetales estudiadas poseen micorrización de forma natural, donde aproximadamente en el 95% de los casos son del tipo arbuscular con presencia en todos los hábitat (Rodríguez, 2005). La observación de que aproximadamente 150 especies de

HMA son capaces de colonizar aproximadamente 225,000 especies de plantas llevó a la conclusión de que estos hongos poseen un amplio número de hospedantes, lo que indica su alto grado de adaptabilidad y de integración en el proceso simbiótico (Gadkar *et al.*, 2001).

Se ha planteado que en la simbiosis MA no existe especificidad del micro simbiote (HMA), ni del macro simbiote (planta). No obstante, las distintas especies e incluso cultivares de la misma especie pueden mostrar un comportamiento distinto, lo cual se interpreta como diferencias en el grado de compatibilidad entre las plantas y los diversos HMA (Rodríguez, 2003).

Los hongos que forman la simbiosis MA fueron clasificados como Zygomycetes según sus características morfológicas (Morton y Benny, 1990); pero recientemente mediante el análisis de la secuencia de la subunidad menor del ARNr fueron reclasificados, creándose tres nuevas phyla, *Glomeromycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota* (Schübler *et al.*, 2001). Todos los HMA pertenecen a *Glomeromycota*, el cual posee seis clases, donde se han caracterizado aproximadamente 150 especies (Kramadibrata *et al.*, 2000; Harrison, 2005).

### **2.6.2. Establecimiento de la simbiosis micorrízica arbuscular.**

Durante el desarrollo de la simbiosis micorrízica arbuscular tienen lugar cambios anatómicos y citológicos en la raíz. Sin embargo, la expresión morfológica no se detecta a simple vista; quizás por ello la simbiosis ha sido ignorada en estudios sobre la fisiología de la planta, cuando realmente forma parte de la misma. El micotrofismo es para el vegetal la forma habitual de adquisición de nutrientes minerales.

Diferentes autores han trabajado en definir los eventos que ocurren en el proceso de establecimiento de la simbiosis micorrízica arbuscular (Bago *et al.*, 1998; Douds y Nagahashi, 2000), los que de forma general, coinciden con las fases definidas por Barea *et al.* (1991):

1. Germinación de la espora, estimulada por la acción de los exudados radicales (Buée *et al.*, 2000; Vierheiling *et al.*, 2003) y de los microorganismos del suelo, así como por las condiciones físico-químicas del mismo.

2. Formación del apresorio, sobre la célula epidérmica, debido al incremento de la presión hidrostática de la zona apical de la hifa infectiva.
3. Penetración a través de los pelos radicales o de las células epidérmicas, por la combinación de procesos mecánicos y enzimáticos.
4. Crecimiento intercelular a partir de la hifa de penetración que se extiende entre las células de la epidermis hacia la corteza de la raíz, sin penetrar en el tejido vascular ni en los meristemas.
5. Desarrollo del micelio extramatricial en el suelo con la formación de las estructuras ramificadas de absorción, las que aumentan considerablemente la adquisición de nutrientes y de agua por la planta.
6. Formación de los arbusculos intracelularmente, con el consiguiente aumento de la superficie de contacto entre el hongo y la célula vegetal. También se puede formar vesículas y células auxiliares en dependencia de especie fúngica.
7. Formación de las esporas (Rodríguez, 2005).

Al parecer, en el establecimiento de la simbiosis actúan señales, que controlan las modificaciones fisiológicas y anatómicas entre ambos simbioses. En la formación de los arbusculos, el hongo invagina la membrana de la célula vegetal, la que subsecuentemente lo envuelve, creándose así un nuevo compartimiento donde se deposita material de una elevada complejidad molecular, el cual se ha denominado espacio apoplástico o interface arbuscular. En esta zona, se produce el contacto directo entre el hongo y la planta, ya que los arbusculos ocupan aproximadamente un 35% del volumen de la célula, distribuida en un 20% como ramificación y un 15% como tronco arbuscular (Alexander *et al.*, 1988). Los arbusculos son las estructuras más importantes, pues en ellos ocurre la transferencia bi-direccional de nutrientes y de elementos esenciales en la funcionalidad de la simbiosis, como los grupos fosfatos y las fuentes carbonadas (Bago *et al.*, 2000). Se ha observado que las células arbusculadas poseen mayor nivel de sacarosa que el resto de las células radicales del hospedante (Vierheiling *et al.*, 2001). De igual forma, en *Medicago truncatula* se ha detectado la expresión de transportadores de hexosas en raíces micorrizadas, inducidos en las células corticales en la vecindad del hongo, lo cual sugiere que este compite con los

mecanismos de la planta, suprimiéndolos (Harrison, 1999). Durante el desarrollo de estas estructuras ocurren una serie de eventos involucrados en la morfogénesis de la raíz, que incluyen modificaciones a nivel citoplasmático y nuclear (Bonfante y Perotto, 2000), alteraciones metabólicas (Harrison, 1999; Strack *et al.*, 2003), cambios en la expresión génica y activación de respuestas de defensa, así como variación en el balance hormonal y modificación del ciclo celular (Bonfante y Perotto, 2000).

A diferencia de la ectomicorriza, los hongos micorrízicos arbusculares no producen cambios visibles en la morfología de la raíz de sus hospedantes. Su presencia puede ser detectada mediante observaciones al microscopio óptico. En el suelo, los hongos formadores de esta simbiosis presentan una extensa red de hifas que favorecen la absorción de nutrientes y agua (Bago *et al.*, 2000), permitiendo que la raíz posea un mecanismo alternativo que explore mayor volumen de suelo. Este micelio puede formar estructuras microscópicas que favorecen la propagación de los hongos, éstas son las esporas que pueden estar libres o agrupadas. Una vez que alguna hifa del hongo penetra la raíz, ésta crece a lo largo del tejido radical y llega a formar estructuras típicas de esta simbiosis 1) Hifas inter e intracelulares, 2) Arbusculos que facilitan el intercambio bidireccional de nutrientes entre hongo-planta (Bago *et al.*, 2000), 3) Vesículas, que almacenan reservas para el hongo, 4) Enrollamientos hifales y, 5) Esporas simples o esporocárpicas en el suelo, pero algunas especies pueden esporular dentro de la raíz.

### **2.6.3. Empleo de los HMA en la agricultura.**

Durante más de 15 años en Cuba se han desarrollado una serie de investigaciones relacionadas con el uso y manejo de los HMA en diferentes agroecosistemas, cuyos resultados han brindado importantes aportes en el uso y manejo de estos biofertilizantes en diferentes cultivos a nivel de invernadero y campo (Fernández *et al.*, 1999; Terry, 2001; Pulido *et al.*, 2003a y b; Fernández *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2006 b).

Ortiz y Fernández, (1998), estudiaron la forma y momento de aplicación de los HMA mediante recubrimiento de semillas de arroz y encontraron un marcado efecto positivo mediante esta tecnología, así como incrementos en el rendimiento

y sus componentes, sin dañar la calidad industrial del arroz. Se demostró la influencia positiva de cepas de HMA (*Glomus clarum* y *G. fasciculatum*) sobre el desarrollo de posturas de tomate y cebolla, efecto que se favoreció al ser coinoculadas con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Azospirillum brasilense* y *Burkholderia cepacea*) (Pulido *et al.*, 2003b). Similares resultado habían sido obtenidos por Corbera y Nápoles (2000) en el cultivo de la soya al combinar HMA con *Bradyrhizobium japonicum*. Se ha demostrado la gran aceptación de los biofertilizantes a base de HMA entre los productores, por lo que uno de los objetivos primordiales, lo constituye ampliar el estudio del potencial de los HMA en la bioprotección contra patógenos radicales y foliares.

#### **2.6.4. Endomicorrizas en aguacate y su uso en la propagación en fase de vivero.**

En vivero se han tenido los mayores efectos en la implementación de la micorriza como técnica de aplicación en la propagación de algunos frutales, en el caso de aguacate han sido reportadas algunas experiencias (Menge *et al.*, 1980; Godinez *et al.*, 1986).

El crecimiento y estado nutrimental de la planta es afectado favorablemente por la micorriza. En plántulas de aguacate, mango y plátano, se estudió este efecto con la inoculación con seis hongos micorrízicos (Silva y Siqueira, 1991). Los hongos micorrízicos arbusculares pueden influir también en la disminución de los daños que provoca el proceso de trasplante a sitios definitivos (Menge *et al.*, 1978).

La adición de fertilizantes en el sustrato mejora en algunas ocasiones la interacción de la planta con la endomicorriza. Las mezclas de suelo - vermiculita con y sin superfosfato soluble (SS) mostraron diferencias en el crecimiento de plántulas inoculadas; cuando se adicionó SS el crecimiento aumentó con *Glomus clarum*, *G. intraradix*, *Scutellospora heterogama* y *Gigaspora margarita* en cambio, cuando la mezcla de suelo no se mejoró, únicamente *S. heterogama* aumentó el crecimiento de la planta (Silva y Siqueira, 1991).

En el caso de mango (por mencionar otro ejemplo), se tuvo mayor respuesta en crecimiento al inocular con *G. margarita*. La respuesta para mango y aguacate por

efecto de la micorriza fue de 30% y 20% con SS; sin embargo, no hubo efecto significativo con la mezcla sin el fósforo (Silva y Siqueira, 1991).

El uso combinado del superfosfato y la inoculación con hongos es favorable para el crecimiento inicial de las plantas, las respuestas se relacionan con el contenido de P, Zn y S. Aunque es importante determinar dosis adecuadas de fertilización fosfatada y la combinación con endófitos con menor susceptibilidad a la aplicación de este tipo de fertilizantes, pero con alta afectividad en el hospedante.

En invernadero como en campo según estudios realizados en aguacate y otros frutales (papaya, piña, plátano), la respuesta a la micorrización con *Glomus* sp., *Acaulospora* sp, *Scutellospora* sp. y *G. fasciculatum* es efectiva a excepción de *Acaulospora* sp para mejorar el crecimiento y nutrición de las plantas, mientras que *Scutellospora* sp produjo incrementos sólo en plátano (Jaime-Vega y Azcon, 1995).

#### **2.6.5. Micorriza arbuscular y nutrición del aguacate**

Debido a que el aguacate evolucionó en suelos de alta macro porosidad y alta pluviometría, las raíces son poco profundas, extensamente suberizadas, con una baja conductividad hidráulica, con baja frecuencia de pelos radicales, con requisito de oxígeno alto y una captación de agua relativamente pobre (Whiley y Schaffer 1994 citados por Lemus *et al.*, 2005), por lo cual, cortos períodos de falta de oxígeno normalmente derivan en la inhibición de la expansión de las hojas, una reducción en el crecimiento de la raíz y de los brotes, en necrosis de la raíz y de una moderada a severa abscisión de hojas (Stolzy *et al.*, 1967; Schaffer *et al.*, 1992 citados por Lemus *et al.*, 2005). En resumen, los suelos con alta macro porosidad y pH entre fuertemente y medianamente ácido (5 a 6) presentan condiciones ambientales favorables para el desarrollo de este cultivo (Lemus *et al.*, 2005). Dado que la eficiencia de las raíces en el aguacate está muy limitada por la carencia de pelos absorbentes (Burgis y Wolfe, 1946), el empleo de HMA constituye una alternativa para mejorar esta condición. Menge *et al.* (1980) con relación al aguacatero, han encontrado respuestas positivas al empleo de hongos formadores de micorriza arbuscular, los cuales además de incrementar la absorción de nutrimentos (fósforo, cinc y cobre) mejoran sustancialmente las

relaciones hídricas, lo que se traduce en una mayor tasa de crecimiento de la planta.

#### **2.6.6. Fitosanidad del sistema radical de aguacate en relación con la micorriza.**

Los microorganismos que crecen en la rizósfera son ideales como agentes de biocontrol, los patógenos se enfrentan a los antagonistas de la rizósfera antes y durante la infección de la raíz (Weller, 1988 citado por Álvarez y Ferrera-Cerrato, 1994). Se considera que los hongos micorrízicos poseen amplio potencial como agentes de biocontrol en las enfermedades radicales según Reid (1990) citado por Alvarez y Ferrera-Cerrato (1994), como ejemplo la endomicorriza ha mostrado efecto aminorante sobre patógenos como *Fusarium oxysporum* (Vargas, 1991).

Se han hecho observaciones para reconocer que la presencia de hongos micorrízicos sobre las raíces de plantas de aguacate tiene efecto aminorante del daño provocado por *Phytophthora cinnamomi* encontrando resultados satisfactorios (Hall y Finch, 1974; Matare y Hattingh, 1978).

Ginsburg y Avizohar (1995), señalaron que resultados en varias investigaciones demostraron la eficiencia de los hongos micorrízicos del género *Glomus* en promover el desarrollo de plántulas de aguacate, en el diámetro del tallo, la vermicomposta y la micorriza fueron los tratamientos que presentaron mejor respuesta y superaron considerablemente a los tratamientos con bacterias y el sustrato de referencia. Se pone de manifiesto el potencial que tiene la micorriza y la vermicomposta y se destaca la biología del suelo como un aspecto trascendental poco conocido en los procesos tradicionales de vivero.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de dar respuesta a los objetivos propuestos se realizó un experimento que comenzó el 23 de septiembre 2006 y culminó 28 de febrero del 2007 el cual se efectuó en plantas de aguacate (*Persea americana*, Mill.) durante la fase de vivero. Se utilizaron semillas procedentes la variedad “Criolla”, dada la estabilidad frente a las condiciones climáticas y agroproductivas en nuestro país.

Los plantas crecieron en áreas del vivero de frutales, “Curiel” ubicado en el poblado de Pipián, municipio Madrugá, Ubicado Geográficamente a 22.91° N, 81.89° W a 150 msnm.

El vivero está categorizado de Referencia Nacional desde el año 2001, esta categoría fue otorgada por la dirección Nacional de la Agricultura Urbana; su producción fundamental está dirigida a especies de frutales como aguacate, mango, guayaba, anonáceas, coco, etc. El área del vivero es de 0.2 ha



y su producción es de 20 000 a 30 000 posturas anuales. Todas las especies exceptuando el coco se desarrollan por el sistema de siembras en bolsas.

En el experimento se estudió el efecto de la inoculación con dos cepas de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) sobre el comportamiento de diferentes indicadores del crecimiento y distintas variables micorrízicas en plantas de aguacate en la fase de vivero.

El comportamiento de algunas de las principales variables meteorológicas durante el período experimental fue el siguiente:

**Tabla 1. Valores de precipitaciones medias (mm) y temperatura media (°C) registradas en la UBPC Boris Luis Santa Coloma (zona más cercana al área donde se desarrolló el experimento), durante el período experimental 2006 - 2007 y la media histórica de los últimos 15 años para ese período.**

Meses	Precipitaciones (mm)				Temperaturas (°C)			
	2006	Med. Hist/15 años	2007	Med. Hist/15 años	2006	Med. Hist/15 años	2007	Med. Hist/15 años
Septiembre	250,8	217	-	-	22,9	25.4	-	-
Octubre	211.3	153	-	-	23,8	24.3	-	-
Noviembre	96.5	39	-	-	20,7	22.4	-	-
Diciembre	60.1	43	-	-	20,1	20.8	-	-
Enero	-	-	20,7	42	-	-	19,5	19.8
Febrero	-	-	42,2	36	-	-	19,0	20.6

### 3.1. Características generales del experimento.

El patrón provino de semillas de árboles criollos Raza Mexicana de 25 años de edad, localizado en los predios de Raúl Torres “La Concordia” CCS Pedro González, Municipio Madrugá.

Las semillas (foto 1), fueron seleccionadas para lograr la mayor uniformidad en cuanto a su tamaño, sin daños mecánicos ni afectaciones de patógenos, estas se trataron previamente con Mancozeb 80%, por imbibición durante 24 horas.



Foto 1. Semillas seleccionadas para ser utilizadas en el experimento.

Los inóculos de los HMA (*EcoMic*<sup>®</sup>) fueron producidos en el Laboratorio de Micorrizas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Los mismos contenían un promedio de 25 esporas por gramo de inóculo. Se seleccionaron las cepas de los hongos micorrizógenos *Glomus mosseae* (Nicolson & Gerdeman), *Glomus hoi-like* (Gerdemann & Trappe, emend. Walter & Koske); Schenk), procedentes de la colección del INCA, para lo cual se tuvo en cuenta los resultados positivos obtenidos en su introducción como biofertilizante en la agricultura cubana (Rivera, 2003).

Las semillas seleccionadas fueron inoculadas con los hongos micorrizógenos antes mencionados y colocadas en el pre germinador compuesto por cáscara de maní en un 100% (Foto 2) y en la siembra a bolsas compuesta por un sustrato formado por la mezcla de suelo Ferralítico Rojo lixiviado y cachaza con una relación 3/1v/v. (Foto 3).



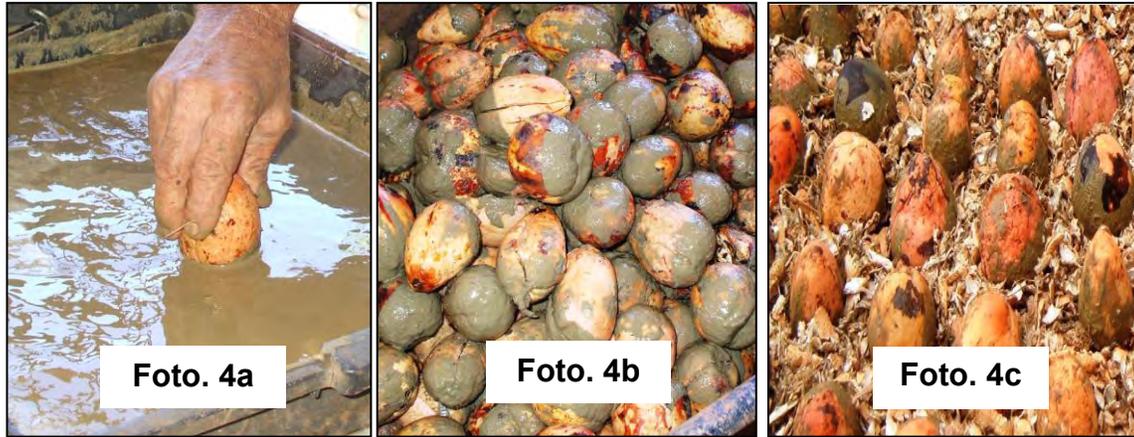
**Foto 2. Pre germinador compuesto por cáscara de maní (100%).**



**Foto 3. Bolsas de polietileno negro con sustrato suelo-cachaza relación 3/1v/v.**

Para el recubrimiento de las semillas con el biofertilizante (Foto 4a) se utilizó la metodología propuesta por Fernández *et al.*, 2000 y establecida por el INCA en base al 10% del peso de la semilla, los tratamientos a recubrir conformados por 100 semillas cada uno fueron pesados obteniendo valores entre 12,7 y 13,6 Kg, considerando los valores obtenidos se utilizó un 1 kg de inóculo (*EcoMic*<sup>®</sup>) por tratamiento con 600 ml de agua elaborando una pasta fluida que se utilizó para recubrir las semillas desde la base hasta el primer tercio (Foto 4b). Después de recubiertas las semillas se colocaron en el pre germinador y en las bolsas de forma sentada sobre su parte ancha (base) con el ápice o parte aguda hacia arriba (Foto 4c). Se arropó con guano seco de palma real para evitar la incidencia directa de los rayos solares y preservar la humedad.

A partir de los 25 ó 30 días después de las siembras todas las semillas germinadas que se encontraban en el pre germinador fueron extraídas (Foto 5) y colocadas en bolsas de polietileno negro que contenían la mezcla de suelo – cachaza relación 3/1v/v. La aplicación de agua se realizó de forma manual según las necesidades del cultivo.



**Foto 4. Recubrimiento de la semilla con la pasta fluida colocadas en el pre germinador.**



**Foto 5. Semillas germinadas de aguacate en el momento del trasplante del pre germinador a las bolsas de polietileno a los 30 días después de la siembra.**

El sustrato empleado (Tabla 2) estuvo compuesto por suelo Ferralítico Rojo lixiviado, que se corresponde con un suelo Nitisol Ródico Eútrico según la [Nueva Versión de Clasificación Hernández *et al.*, (1999) y (World Reference Base, Driesen *et al.*, (2001)] combinado con cachaza (sub-producto de la industria azucarera) en una relación 3:1 v/v.

**Tabla 2. Análisis químicos del sustrato utilizado conformado por la mezcla de Ferralítico Rojo compactado y cachaza en relación 3:1 v/v.**

Componentes	Na	K	Ca	Mg	P (ppm)	M.O (%)	PH (H <sub>2</sub> O)
	cmol.Kg						
<b>Suelo+Cachaza</b>	0.15	0.57	14.9	2.0	1388	5.29	7.2

Previo al comienzo del experimento se tomaron muestras del sustrato para el análisis químico de fertilidad, y se les determinó:

- pH al H<sub>2</sub>O, por método potenciométrico.
- materia orgánica (porcentaje), por el método de Walkley-Black.
- Fósforo por Arnold y Kurtz.,
- Na, K, Ca, Mg intercambiable (NH<sub>4</sub>AC-1N pH7) todos de acuerdo con Black (1965).

### **3.2. Características específicas del experimento.**

Con el objetivo de evaluar el efecto de las cepas de HMA propuestas como biofertilizantes para la producción de plantas de aguacate se estableció un experimento con los siguientes tratamientos, en los cuales se realizaron un grupo de muestreos y evaluaciones a las plantas durante el ciclo de estancia en la fase de vivero.

#### **3.2.1. Tratamientos.**

T1. Semillas no inoculadas en el pre germinador (PG) (100 semillas).

T2. Semillas inoculadas en el pre germinador con la cepa *Glomus hoi-like* (PG *G.Hoi-like*) (100 semillas).

T3. Semillas inoculadas en el pre germinador con la cepa *Glomus mosseae* (PG *G.mosseae*) (100 semillas).

T4. Semillas no inoculadas en la siembra a bolsas (SB) (100 semillas).

T5. Semillas inoculadas en la siembra a bolsas con la cepa *Glomus hoi-like* (SB *G. hoi-like*) (100 semillas).

T6. Semillas inoculadas en la siembra a bolsas con la cepa *Glomus mosseae*. (SB *G.mosseae*) (100 semillas).

### **3.2.2 Muestreo y evaluación**

Los muestreos se efectuaron a los 15, 30, 60, 90 y 150 días después de la siembra, en los cuales se evaluaron 20 plantas por tratamiento en cada tiempo de evaluación.

**Porcentaje de germinación:** se evaluó el porcentaje de semillas germinadas en cada uno de los métodos estudiados mediante el conteo de las semillas brotadas a los 15 días y en el momento del trasplante (30 días).

**Altura de las plantas:** Se midió con una regla graduada desde el cuello de la planta hasta el ápice en cm. A los 30 días momento del trasplante, a los 60 y 90 días período de realización de los injertos y 150 días evaluación integral antes de la siembra comercial.

**Diámetro del tallo:** Empleando un pie de rey, a 1 cm del cuello del tallo. Se midió a los 90 y 150 días a partir de las siembras, coincidiendo con los períodos posteriores a la realización de los injertos y previo a las siembras comerciales respectivamente.

**Número de hojas activas:** Se determinó este valor en el tercer muestreo realizado a los 60 días después de la siembra, considerando una hoja completamente formada, cuando tuviera entre 5-10 cm<sup>2</sup> de área foliar.

**Longitud de las raíces:** Se midió la longitud de la raíz con una regla graduada, desde la base o unión con el tallo hasta la parte terminal o apical de la raíz a los 150 días, coincidiendo en el momento en que se tomaron las muestras para la determinación de las variables fúngicas, antes de las siembras comerciales.

#### **Cuantificación de la colonización micorrízica.**

Para determinar la colonización micorrízica, se tomaron las raíces de las plantas evaluadas, se lavaron con agua corriente, para eliminar todo el suelo y se secaron al aire. Se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron.

Para las determinaciones se pesaron aproximadamente 200 mg de raicillas que fueron secadas a 70°C, para ser teñidas según la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970). La evaluación se realizó por el método de los interceptos,

desarrollado por Giovanetti y Mosse (1980), mediante el cual se determinó el porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización.

La determinación del porcentaje de Densidad Visual (porcentaje DV) se realizó por la metodología de Trouvelot (1986), mediante la cual se evaluó la ocupación fúngica de cada intercepto y se le asignó un nivel.

Posteriormente se realizó el cálculo según la fórmula:

$$\% DV = \frac{\sum A}{\sum Z}$$

Donde: Z es el número de interceptos contados en cada nivel y A es el resultado de la multiplicación del número de interceptos contados en cada nivel (Z), por el porcentaje de ocupación observada.

### **3.2.3. Diseño experimental y análisis estadístico.**

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos y veinte repeticiones. Se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza. Con posterioridad se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos, en función del diseño experimental empleado en el experimento. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas por la prueba de Rango Múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ). Para analizar estadísticamente el porcentaje de la colonización micorrízica, los datos fueron transformados mediante la fórmula ( $2 \arcsen\sqrt{x}$ ), por ser un parámetro binomial. Todas las comparaciones se realizaron según el paquete estadístico SPSS Versión 11.5 para Windows.

### **3.2.4. Valoración económica.**

Se tuvo en cuenta para el análisis económico la comparación entre los costos reales para la producción de plantas de aguacate en la fase de vivero para los dos sistemas de siembra: siembra en pre germinadores y siembra en bolsas, evaluando en ambos casos los tratamientos inoculados y sin inocular.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la aplicación de los inóculos en las variables de crecimiento.

#### 4.1.1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de aguacate a los 15 y 35 días después de la siembra.

En la Tabla 3 se muestra una primera evaluación realizada a los quince días de haberse sembrado las semillas en el experimento, observándose que para ese momento las semillas colocadas en el pre germinador habían brotado entre un 6 y un 20% (T1, T2, T3). En el resto de los tratamientos T4, T5 y T6 que se encontraban en la siembra en bolsas no había semillas brotadas.

**Tabla 3. Porcentaje de germinación a los 15 días después de colocadas las semillas en el pre germinador y en la siembra en bolsas.**

Tratamientos	%
T1. Semillas no inoculadas en el pre germinador (PG).	10
T2. Semillas inoculadas en el pre germinador <i>Glomus hoi-like</i> (PG <i>G hoi-like</i> ).	20
T3. Semillas inoculadas en el pre germinador <i>Glomus mosseae</i> (PG <i>G mosseae</i> ).	6
T4. Semillas no inoculadas en la siembra a bolsas (SB).	0
T5. Semillas inoculadas en la siembra a bolsas con la cepa <i>Glomus hoi-like</i> (SB <i>G.hoi-like</i> ).	0
T6. Semillas inoculadas en la siembra a bolsas con la cepa <i>Glomus mosseae</i> (SB <i>G.mosseae</i> ).	0

La tabla 4 muestra los resultados del análisis realizado a los 30 días después de la siembra (dds), sobre la germinación de las semillas para ambos métodos (pre germinador y siembra en bolsas), coincidiendo con el momento en que se

realizaba el trasplante de las semillas del pre germinador a las bolsas. Se muestra así una mayor uniformidad en la brotación en todos los tratamientos de forma general, estando los porcentos más altos (por encima de 88%) en el método de siembra en pre germinador. Autores como Alarcon (1997), Honrubia et al. (1997) y Peñuelas (1998), señalaron que los sustratos utilizados para la brotación y desarrollo de las posturas y del micelio fúngico deben garantizar una buena aireación y control de la humedad. En este experimento las mejores condiciones para la germinación se manifestaron en las semillas colocadas en el pre germinador (100% cascara de maní).

**Tabla 4. Porcentaje de germinación a los 30 días después de colocadas las semillas en el pre germinador y en la siembra a bolsas.**

Tratamientos	%
T1. Semillas no inoculadas en el pre germinador. (PG)	88
T2. Semillas inoculadas en el pre germinador <i>Glomus hoi-like</i> (PG <i>G hoi-like</i> ).	96
T3. Semillas inoculadas en el pre germinador <i>Glomus mosseae</i> (PG <i>G mosseae</i> ).	92
T4. Semillas no inoculadas en la siembra directa (SB).	67
T5. Semillas inoculadas en la siembra directa con la cepa <i>Glomus hoi-like</i> (SB <i>G.hoi-like</i> )	84
T6. Semillas inoculadas en la siembra directa con la cepa <i>Glomus mosseae</i> . (SB <i>G.mosseae</i> ).	78

Se considera la etapa de germinación la más propicia para las afectaciones de enfermedades fungosas a las semillas debido a los altos niveles de humedad que predominan durante este período. Hall y Finch (1974), Matare y Hattingh (1978), Weller (1995), Read et al. (2000), Vargas (1991) y Ginsburg y Avizohar (1995) señalaron que los hongos micorrízicos poseen amplio potencial como agentes de biocontrol en las enfermedades radicales, considerando estos criterios se

presupone la influencia de estos efectos en los resultados expuestos en la tabla 4, donde independientemente del sustrato los mejores porcentos de germinación se encontraron en los tratamientos micorrizados.

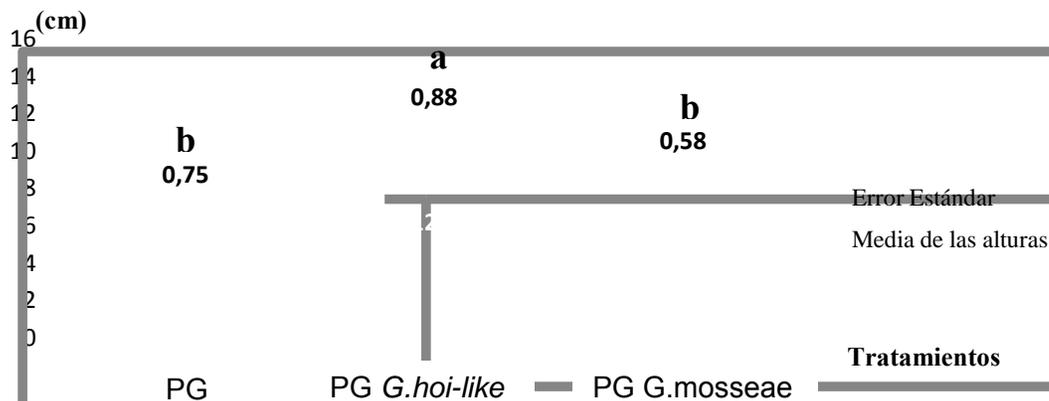
Los datos de inicio de la germinación y momento de trasplante de las posturas (entre los 15 y 35 días) coinciden con los presentados en la Guía Técnica del Cultivo del Aguacate en Cuba (1995).

#### **4.1.2. Efecto de los tratamientos sobre los diferentes indicadores de crecimiento, altura de las plantas, diámetro de los tallos, número de hojas activas y longitud de las raíces, en diferentes momentos de evaluación.**

En la Figura 1 se muestran los resultados de los valores medios de la altura de las plantas en el momento de trasplante 30 dds (del pre germinador a bolsas), observándose que los tratamientos 1 (PG) y 3 (PG.G *mosseae*), presentaron valores estadísticamente iguales, y las alturas promedio de las plantas oscilaban entre 8 y 10 cm. El tratamiento 2 (PG.G *hoi-like*) mostró mejores resultados con valores estadísticamente superiores al resto de los tratamientos, y el valor medio de la altura alcanzó los 12.5 cm, esta misma variable se comportó diferente en los tratamientos 4, 5 y 6 (SB), (SB G.*hoi-like*) y (SB G.*mosseae*); los cuales no mostraron valores superiores a los 3 cm de altura por lo que no permitieron hacer una valoración de los datos.

Considerando lo planteado en el análisis de la tabla 4 y coincidiendo con los autores antes mencionados, la influencia de la aireación, drenaje y control de la humedad aspectos relacionados con los sustratos, han influenciado negativamente en la germinación y el crecimiento de las posturas para los tratamientos desarrollados por el método de siembra en bolsas en esta etapa inicial.

Se ha planteado que en la simbiosis MA no existe especificidad del micro simbiote (HMA), ni del macro simbiote (planta). No obstante, las distintas especies e incluso cultivares de la misma especie pueden mostrar un comportamiento diferente, lo cual se interpreta como diferencias en el grado de compatibilidad entre las plantas y los distintos HMA (Rodríguez, 2003).



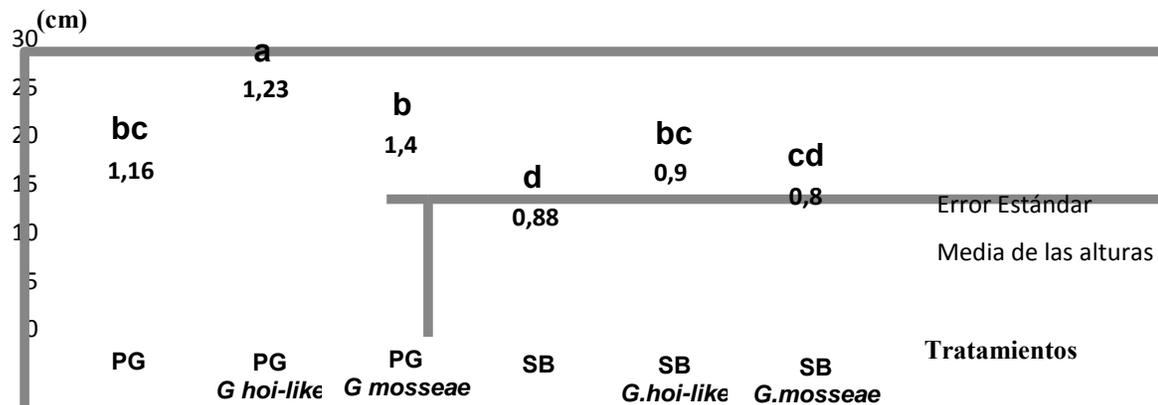
\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 1. Altura de las plantas a los 30dds.**

En la Figura 2 se ilustra el comportamiento de la altura a los 60 dds. Se observa como el T2 (PG.G *hoi-like*) mostró diferencias estadísticas superiores al resto de los tratamientos, con valores medios de altura de 24.3 cm, las variantes en estudio pre germinador (PG) T1; (PG *G. mosseae*) T3; (SB *G. hoi-like*) T5; no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellos pero si fueron superiores al tratamiento T4 (SB) sin inocular, donde el valor medio de la altura de los tallos solo fue de 11.2 cm.

Hay que destacar que para las condiciones de este experimento en el T2 (PG.G *hoi-like*) mostró respuesta a la micorrización también señalada por Jaime-Vega y Azcon (1995), en estudios realizados en aguacate y otros frutales (papaya, piña, plátano), donde la respuesta a la micorrización con especies de hongos de los géneros *Glomus* sp., *Acaulospora* sp, *Scutellospora* sp, y *G. fasciculatum* fue efectiva en el crecimiento y nutrición de las plantas, significando esta respuesta en las etapas iniciales de estos cultivos.

Los hongos micorrízicos arbusculares pueden influir también en la disminución de los daños que provoca el proceso de trasplante a sitios definitivos (Menge *et al.*, 1978)

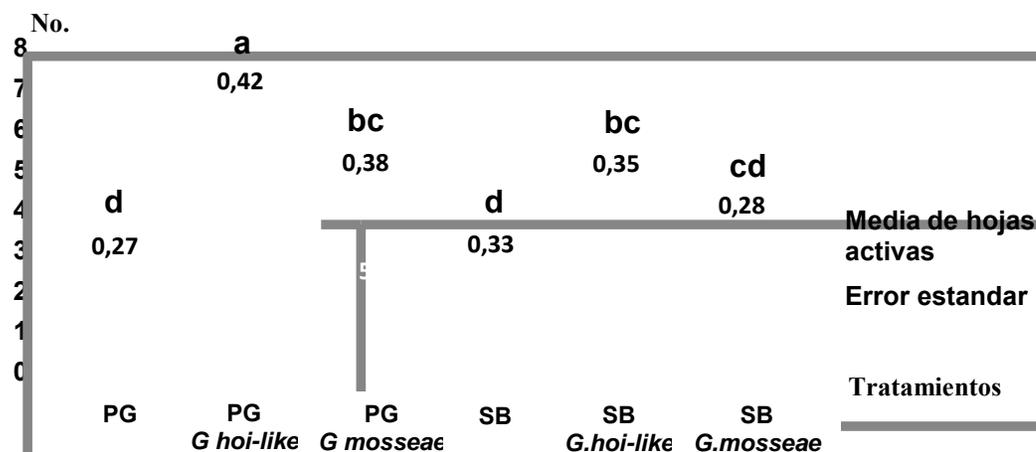


\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 2. Altura de las plantas a los 60dds.**

En la figura 3 se ilustra el comportamiento del número de hojas activas a los 60 dds. Los valores expuestos en el gráfico hacen suponer que todos los tratamientos inoculados menos el tratamiento T6 SB *G.mosseae* muestran respuesta positiva a la emisión de hojas activas en ambos sistemas de siembra, mostrando valores estadísticamente superiores a los tratamientos sin inocular. El tratamiento T2 (PG *G.Hoi-like*) presentó valores estadísticos superiores al resto de los tratamientos con un promedio de 7 hojas activas.

A partir de la experiencia de productores especializados en aviveramiento de plantas y coincidiendo con datos presentados en la Guía Técnica de Producción de Aguacate en Cuba (1995), señalado también por Ferrera-Cerrato (1998), se plantea que el período de comienzo de los injertos es a partir de los 3 y hasta los 6 meses después de la siembra, con una longitud promedio de los tallos entre los 15 y 20 cm. Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la figura 2 se podría considerar el comienzo de los injertos antes de los 2 meses siempre que estas plantas se establezcan por el sistema de siembra en pre germinador con inoculación de HMA usando la cepa *G.Hoi-like*. Esto corrobora lo planteado por Sieverding (1991) sobre los beneficios de la inoculación con HMA, los que se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo y reducción del tiempo de estadía en vivero.



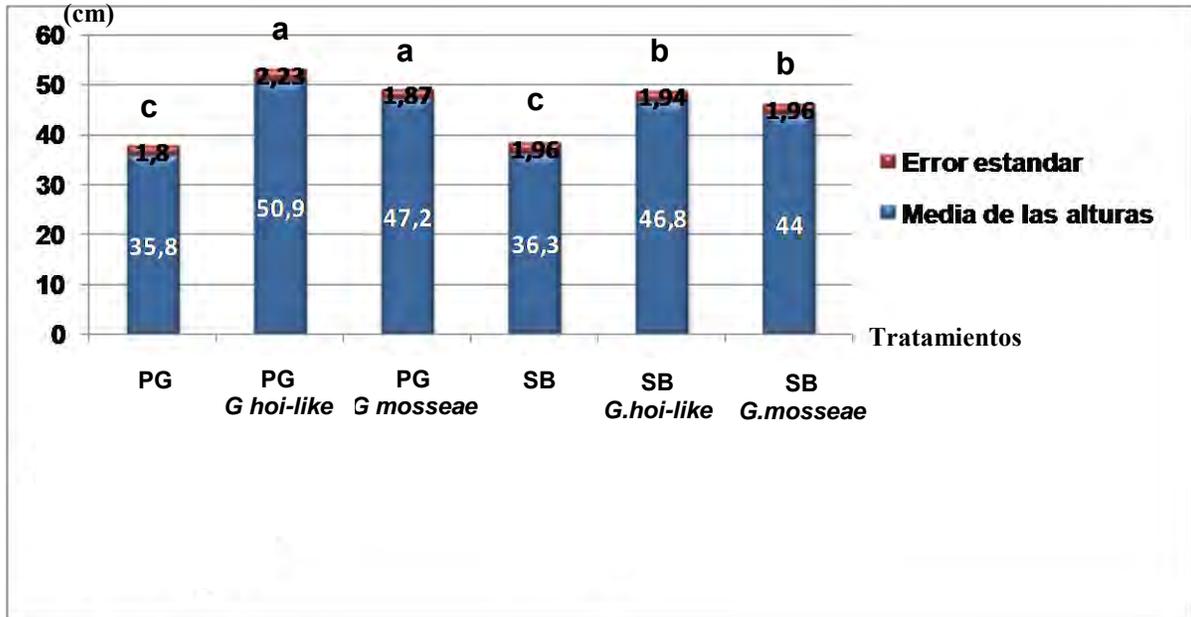
\*medias con letras desiguales difieren para  $P < 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 3. Número de hojas activas de las plantas a los 60dds**

Según Sempere y Santamarina (2001) siempre que nos encontremos con esta relación (HMA-Planta) vamos a obtener en la mayoría de los casos, un mayor crecimiento y desarrollo de la planta, así como una mayor predisposición de ésta ante las distintas condiciones de estrés producidas por ecosistemas donde se implantan.

En las Figura 4 y 5 se ilustra el comportamiento del las variables altura de las plantas y diámetro de los tallos a los 90dds. Los resultados obtenidos muestran una respuesta superior por el efecto de la aplicación de estos inóculos en los tratamientos T2 (PG *G. hoi-like*), T3. (PG *G. mosseae*), T5. (SB *G. hoi-like*), T6. (SB *G. mosseae*) con respecto a los tratamientos sin inocular T1 (PG) y T4 (SB).

Se puede notar que la combinación del sustrato empleado Cachaza – Suelo (3:1) + HMA, influye en los indicadores de crecimiento de las plantas de manera significativa lo cual difiere de los demás tratamientos desarrollados en este sustrato pero sin la inoculación con HMA a las semillas.



\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 4. Altura de las plantas a los 90dds.**

Con respecto a los valores medios de la altura de las plantas a los 90dds, los tratamientos con resultados estadísticamente superiores fueron T2 PG *G.Hoy-like* y T3 PG *G. mosseae* con valores entre 51 y 47,2 cm respectivamente, el resto de los tratamientos con inóculos mostraron datos estadísticos superiores a los testigos en donde los valores medios de las alturas no eran superior a los 36,5 cm. El diámetro de los tallos a los 90dds también mostró diferencia significativa entre los tratamientos, lográndose el valor más elevado en las plantas inoculadas del tratamiento T2. (PG *G.Hoi-like*) con 1,50 cm de promedio, los tratamientos T3. (PG *G.mosseae*), T5. (SB *G.hoi-like*) y T6. (SB *G.mosseae*), fueron diferentes estadísticamente a los tratamientos T1. Semillas no inoculadas en el pre germinador (PG) y T4. Semillas no inoculadas en la siembra directa (SB), los cuales reflejaron valores de 0,61 y 0,69 cm inferiores al resto de los tratamientos para esta variable.

Los resultados que muestran las figuras 4 y 5 coinciden con lo señalado por Silva y Siqueira. (1991), los cuales trabajando con plantas de aguacate, mango y plátano, estudiaron el efecto de la inoculación con seis hongos micorrízicos,

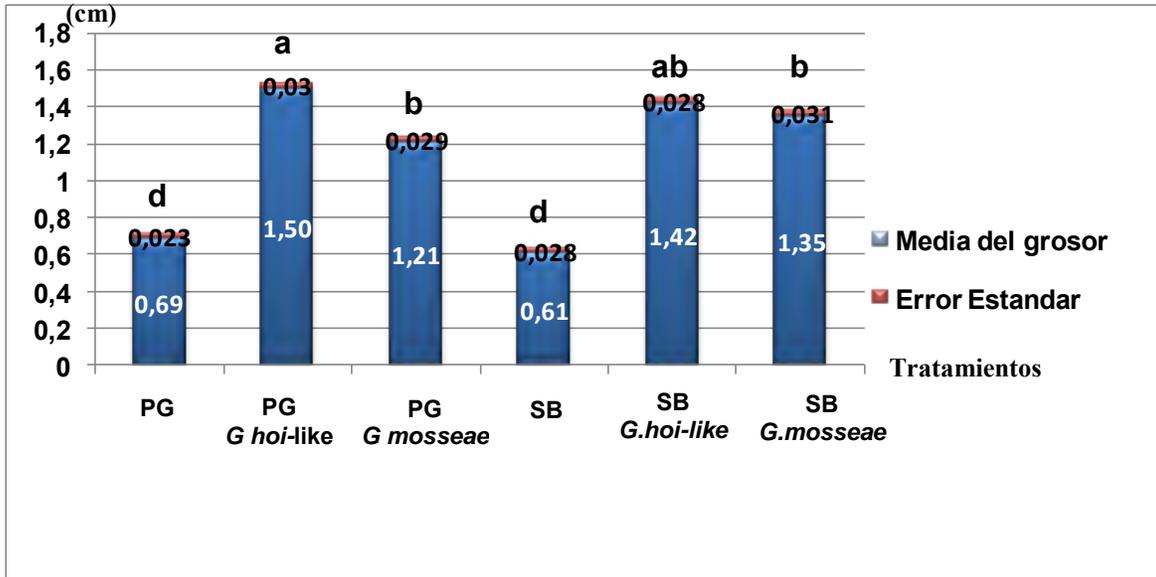
llegando a la conclusión que el crecimiento y estado nutricional de la planta es afectado favorablemente por la micorriza.

Como dato altamente significativo es que todos los tratamientos inoculados con HMA a los 90 días después de germinada la semilla, mostraron valores medios de altura de las plantas y diámetro de tallos (fundamentalmente *G hoi-like*) superiores a los 40 cm y 1.4 cm respectivamente, estos valores le atribuyen a las plantas para ser usadas como material de propagación (para la siembra) la categoría de posturas de primera, según las normas ramales presentadas por el Ministerio de la Agricultura de Cuba (NRAG-2004). Las cuales proponen para el cultivo del aguacate en esta categoría los siguientes requisitos:

- La postura que compone esta calidad tendrá un diámetro en la base de 14mm a 18mm. El diámetro medio a la altura del injerto será de 12mm a 16mm.
- La altura de la base de la postura hasta la zona donde se realiza el injerto oscilará entre 200mm a 250mm.
- La altura de la postura desde la base hasta la yema terminal será de 400mm a 550mm.

Esto presupone una disminución entre 3 y 6 meses de estancia de las posturas en vivero si tomamos como referencia los datos expuestos en la GUIA TÉCNICA DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN CUBA, (2006).

Estos resultados pudieran estar relacionados, con la humedad y los valores nutricionales que aporta este sustrato Suelo – Cachaza relación 3/1vv; la que permite un buen desarrollo de las plántulas en este medio, y a su vez garantiza una adecuada simbiosis Planta-Hongo.



\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según d'écima de Duncan.

Figura 5. Diámetro de los tallos a los 90dds.

Tabla 5. Resultados en los indicadores de crecimiento, longitud de las raíces longitud de las plantas y diámetro de los tallos a los 150dds.

Sistema de siembra	Tratamientos	Longitud de las raíces (cm)		Longitud de las Plantas (cm)		Diámetro de los tallos (cm)	
		Media	E. St. Media	Media	E. St. Media	Media	E. St. Media
Pre germinador	1	36c	1,63	47,6c	1,5	1,7c	0,10
	2	50,9a	1,53	79a	1,7	2,7a	0,06
	3	47,5ab	2,38	75,8ab	1,8	2,4b	0,07
Siembra directa	4	31,4c	2,32	46,9c	2,8	1,7c	0,09
	5	47,5ab	2,56	73,4ab	1,9	2,5ab	0,08
	6	44,1ab	2,68	71,2b	2,1	2,3b	0,08

\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según d'écima de Duncan.

La tabla 5 muestra los valores de la altura de la planta, diámetro de los tallos y la longitud de las raíces antes de las siembras comerciales con 150dds. Los resultados manifiestan una altura, diámetro del tallo y longitud de las raíces

superiores en ambos métodos para las semillas inoculadas, con valores que son estadísticamente superiores a los tratamientos no inoculados.

El porcentaje de incremento en la altura de las plantas de los tratamientos micorrizados en el pre germinador T2 (PG *G.Hoi-like*), y T3 (PG *G.mosseae*) con respecto al T1 semillas no tratadas en el pre germinador (PG) fue de 166 y 160% respectivamente. La siembra a bolsas mostró los siguientes incrementos con relación a la altura de las plantas en los tratamientos con micorriza (T5 SB *G.hoi-like* y T6 SB *G.mosseae*), con respecto al T4 SB sin micorriza, de 157 y 152% respectivamente.

Con relación al diámetro del tallo en los tratamientos inoculados en ambos métodos de siembra (siembra en pre germinador y siembra a bolsas) estas mostraron porcentos de incrementos entre 135 y 159% con relación a los tratamientos sin inocular, destacándose el tratamiento T2 (PG *G.Hoi-like*) con 159 % de incremento.

La longitud de las raíces mostró valores de incrementos en los tratamientos inoculados con micorriza con relación al testigo en un rango de 132 y 140%, mostrando al igual que en el resto de los indicadores evaluados una respuesta positiva de las plantas a la aplicación de HMA, en sustratos con la mezcla Suelo – Cachaza relación 3/1vv.

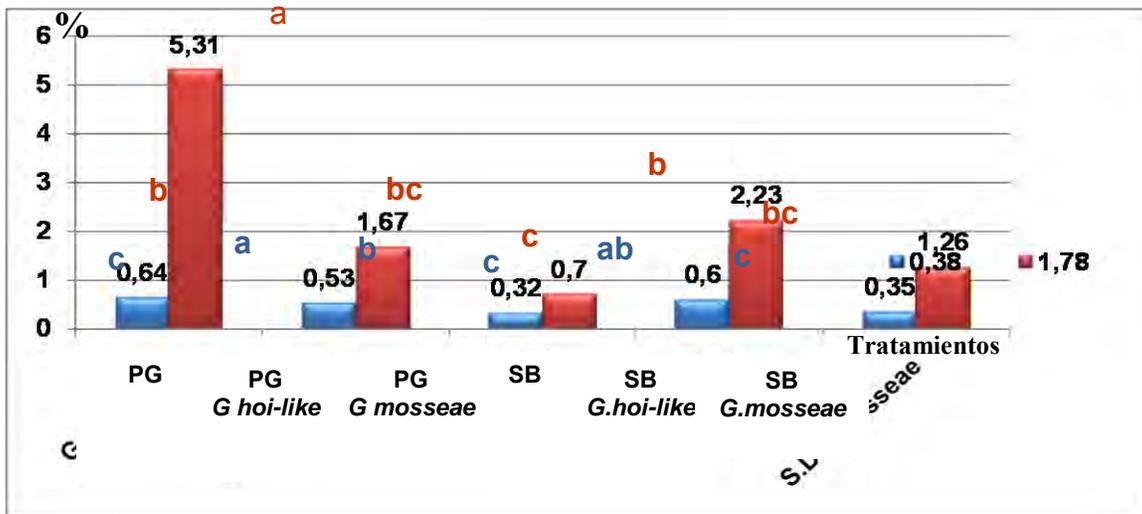
Estos resultados coinciden con lo planteado por Sieverdin, (1991) quien señala que los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) juegan un papel importante en el crecimiento y la nutrición de las plantas superiores, especialmente las que presentan mayor dependencia de las MA como son la mayoría de especies frutales y forestales. Los beneficios de la inoculación con HMA efectivos se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo, reducción del tiempo de estadía en vivero, ahorro en costos de fertilización, mayor producción y calidad del producto. La modificación del sistema radicular por la asociación simbiótica con los HMA contribuye a mejorar la absorción y transporte de agua y nutrientes del suelo a la raíz, por el incremento en el volumen de suelo explorado lo cual se refleja en un mayor desarrollo vegetal.

Winer (1998) señala que el papel de la endomicorriza en un sistema de producción activo de aguacate no está documentado ampliamente aunque la simbiosis está presente en el suelo según observaciones. En este sentido su modificación por efecto de prácticas agronómicas de los huertos es aún motivo de investigación.

Silva y Siqueira (1991) encontraron respuesta en el crecimiento en plantas de mango y aguacate en fase de vivero por efecto de la micorriza de un 30% y 20 % con SS.

#### 4.1.3. Cuantificación de la colonización micorrízica a los 150 dds.

La Figura 6 muestra la presencia de las estructura fúngicas en la raíces las que fueron evaluadas como porcentaje de colonización y la densidad visual. En ambos indicadores se muestran diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y sin inocular; los valores estadísticamente superiores se observaron en los tratamientos T2 y T5 ambos inoculados con la cepa *G. hoi-like* lo cual evidenció la efectividad del método de inoculación que se empleó.



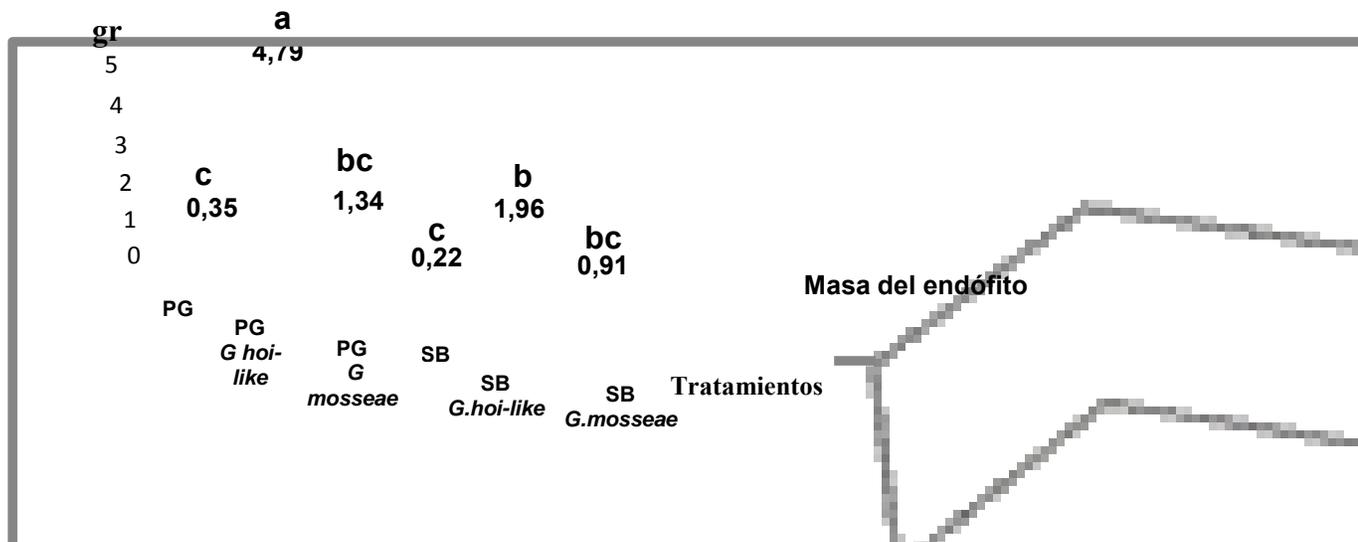
\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 6. Porcentaje de colonización y densidad visual de las raíces de las plantas a los 150dds.**

La Densidad Visual (%DV) y el peso del endófito son indicadores importantes ya que permiten cuantificar la intensidad de la colonización micorrízica arbuscular, el resultado de su evaluación se muestra en la Figura 6 y 7 donde se observó la

existencia de diferencias significativas entre las variantes micorrizadas con respecto a las plantas testigos siendo esta diferencia estadísticamente significativa en las plantas micorrizadas con la cepa *G hoi-like*.

Se observó que tanto en el porcentaje de colonización como en el porcentaje de densidad visual se obtuvieron bajos niveles si se tienen en cuenta los resultados informados por Rodríguez. (2003), quienes encontraron valores de 15% de colonización y 0,41% de DV en plantas de tomate micorrizadas con *G. clarum*, con 32 días de crecimiento. En otros estudios realizados con plantas de aguacate se han determinado valores de porcentaje de colonización hasta de un (33,24%), nivel considerado medio de acuerdo a la clasificación de Shenck, 1984 citado por Rosa. (2004).



\*medias con letras desiguales difieren para  $P \leq 0.05$ , según dócima de Duncan.

**Figura 7. Masa del endófito de las raíces de las plantas a los 150dds.**

Las diferencias observadas en los indicadores de la micorrización pueden deberse a que en el presente experimento se emplearon niveles altos de fósforo 1388ppm. Sin embargo, se conoce que los niveles elevados de este elemento afectan el proceso de establecimiento de la simbiosis a diferentes niveles, siendo uno de los más importantes la represión del crecimiento micelial, (Giovannetti 2000).

Según Rivera (2003) para que la simbiosis sea eficiente la disponibilidad de nutrientes debe ser inferior a la comúnmente utilizada para posturas no

micorrizadas (3/1), coincidiendo con los criterios más generales sobre efectividad micorrízica y disponibilidad de nutrientes reportados por Packovsky *et al.* (1986), Siqueira y Franco (1988) y Barea *et al.*; (1991).

Rodríguez *et al.* (2003) han informado en resultados de trabajos el uso de sustratos con la combinación conformada por suelo-cachaza en relación 3:1. Este sustrato es uno de los recomendado para la producción de semilleros en diferentes cultivos por poseer elevados contenidos de nutrientes, lo cual ha sido referido por otros autores (Jerez *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2006).

En plántulas originadas de semillas pequeñas, se creó que su estado nutrimental es bajo y el fósforo el nutrimento más deficiente. Allsopp y Stock (1994) observaron que existe correlación entre el contenido de fósforo de la planta con la semilla, la plántula además presenta dificultades para adquirir el mineral debido a su bajo contenido y escasa movilidad en el suelo. Las plantas se benefician por efecto de algunos microorganismos del suelo que favorecen el estado nutrimental. Silva y Siqueira. (1991) encontraron respuesta en el crecimiento en plantas de mango y aguacate en fase de vivero por efecto de la micorriza de un 30% y 20 % con Superfosfato Sencillo; sin embargo, no hubo efecto significativo con la mezcla sin el fósforo.

#### **4.2. Valoración económica.**

Como procedimiento general los productores que hoy se dedican a la obtención de posturas de aguacate en vivero no consideran el uso del de hongos micorrízicos en esta etapa. Con los resultados de esta investigación se demostró que los beneficios de la inoculación con HMA no solo se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas y mejores respuestas en los indicadores fenológicos, sino que también existe una reducción considerable del tiempo de estadía en vivero y por lo tanto, un ahorro en costos de insumos, salarios y otros materiales manifestándose una factibilidad económica considerable.

En la tabla 6 se muestra los resultados del análisis económico en el cual se determinó en ambos sistemas de siembra (siembra en pre germinador y siembra en bolsas) los gastos incurridos en cada una de las actividades realizadas en esta etapa, comparando el mejor tratamiento con micorriza (PG *G. hoi-like*) y el

tratamiento sin micorrizas (SB), durante el período que abarca desde la siembra de las semillas hasta el momento en que las plantas están listas para las siembras a campo.

**Tabla 6. Relación de gastos incurridos para los distintos sistemas de siembra estudiados.**

**UM: Pesos MN**

actividades	Pre germinador			Siembra en bolsas		
	Sin HMA	Con HMA	Dif.	Sin HMA	Con HMA	Dif.
Acondicionam. del área	20,00	20,00	0,00	12,00	12,00	0,00
Preparación del sustrato	6,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00
M. Orgánica (cachaza)	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00
Recolección de semillas	6,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00
Llenado y acanterado de las bolsas	12,00	12,00	0,00	12,00	12,00	0,00
Preparación y selección de la semilla	6,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00
Micorriza	0,00	2,50	-2,50	0,00	2,50	-2,50
Siembra y acondicionamiento	6,00	9,00	-3,00	12,00	15,00	-3,00
Resiembra a bolsas	12,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Atenciones culturales	250,00	125,00	125,00	250,00	125,00	125,00
Otros gastos	40,00	40,00	0,00	30,00	30,00	0,00
<b>Gastos totales</b>	<b>320,00</b>	<b>200,50</b>	<b>119,50</b>	<b>306,00</b>	<b>186,50</b>	<b>119,50</b>
<b>Costo de Prod. de una postura</b>	<b>3,20</b>	<b>2,00</b>	<b>1,20</b>	<b>3,10</b>	<b>1,90</b>	<b>1,20</b>

El análisis se realizó con datos reales de costos para la producción de 100 posturas en cada tratamiento en ambos sistemas de siembra, determinando el costo por postura.

En la tabla 6 se observa que las mayores diferencias de gastos están presentes en las atenciones culturales que en este caso se consideraron las labores generales (fertilización, riego, control de malas hierbas y control fitosanitario), y las labores específicas (educación de patrones, deshije, injertos); para las plantas tratadas estos gastos se analizaron durante un período de dos meses y medio a tres meses momento en que reunían las características fenológicas adecuadas según las NRAG. (2004) para realizar las siembras a campo, mientras que a los tratamientos no micorrizados el análisis de los gastos se realizó en un período de cuatro meses y medio a cinco meses, lo que supone una diferencia de dos meses. Con relación al costo de producción de una postura, en el caso de las plantas micorrizadas, no superan los dos pesos MN, mientras que en el tratamiento testigo estos alcanzan valores hasta de 3,20 pesos MN, con una diferencia entre ambos de 1,20 pesos MN, esto significa una reducción de un 38 % de los gastos para las plantas con micorriza.

Para los niveles de producción específicamente en el vivero que se realizó este experimento donde las producciones anuales de posturas de aguacate se encuentran entre 8 000 y 10 000 posturas, esto equivale a un ahorro de 9 000 a 12 000 pesos MN anuales aproximadamente.

De forma general, los elementos básicos que aporta el presente trabajo sobre el empleo de la utilización de cepas eficientes de HMA en estas condiciones para obtener plantas de aguacate pueden resultar de gran utilidad en la agricultura, pues han mostrado tener una influencia positiva en el crecimiento y desarrollo en las plántulas en estas condiciones y una gran factibilidad económica considerando el ahorro de insumos por la reducción del período de aviveramiento.

Los resultados obtenidos en esta tesis se insertan dentro de las investigaciones priorizadas que se realizan en el país con vistas a mejorar el potencial de este producto que se emplea en la agricultura en varios cultivos de importancia agrícola.

## V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este experimento se llegan a las conclusiones siguientes, válidas para las condiciones en que se desarrolló este estudio.

1. Los resultados demuestran una alta respuesta en el cultivo del aguacate a la inoculación de las cepas *Glomus hoi-like* y *Glomus mosseae* en la fase de vivero, con un incremento significativo en las variables de crecimiento estudiadas (longitud de la raíz, longitud de la planta y diámetro del tallo) de hasta un 140, 166 y 159% respectivamente, con relación a las plantas sin inocular.
2. La inoculación de HMA en los sistemas aplicados pre germinador y siembra en bolsas permite obtener plantas de aguacate de alta calidad en un tiempo menor de 90 días, en las plantas no inoculadas este período se extendió hasta los 150 días.
3. Se comprobó que la mezcla de suelo Ferralítico rojo lixiviado y cachaza en la relación 3/1vv resultó un sustrato con altos contenidos de nutrientes lo cual afectó el porcentaje de colonización micorrízica con valores que no superaron el 5.31%, considerados en un nivel bajo.
4. Se comprobó que de las cepas de HMA estudiadas la *Glomus hoi-like* mostró más estabilidad y valores superiores en los indicadores de crecimiento y fúngicos estudiados, en el período evaluado de los 15 hasta los 90 dds.
5. La cepa de HMA *Glomus mosseae* mostró valores superiores en las variables de crecimiento estudiadas con relación a los testigos a partir de los 90 días, cuando la evaluación se extendió hasta los 150 días los valores fueron estadísticamente similares a la cepa *Glomus hoi-like*.
6. El incremento de la presencia de la estructura fúngicas en la raíces de las plantas tratadas evaluadas como, porcentaje de colonización, densidad visual y masa del endófito, evidenció la efectividad del método de inoculación que se empleó.

7. Se demostró una gran factibilidad económica de las plantas inoculadas a partir de la reducción de dos meses del período de vivero en relación a las plantas no inoculadas, con una reducción en los costos de producción de un 38%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Que se generalicen los resultados de este estudio lo cual constituye una alternativa viable para los productores, al obtenerse plantas de mayor calidad en menor tiempo.
2. Estudiar otros métodos de inoculación para el cultivo del aguacate en esta fase de vivero.
3. Continuar trabajando con otras cepas que permitan corroborar lo obtenido hasta el momento en las cepas estudiadas.
4. Realizar estudios con otras variantes de mezcla de los sustratos tanto en pre germinador como en bolsas.
5. Introducir en la metodología vigente para la producción de plantas de aguacate en fase de vivero los resultados obtenidos en esta tesis.
6. Continuar en otros trabajos la evaluación de las plantas inoculadas en condiciones de campo.
7. Que los resultados de este trabajo se utilicen como material de consulta para estudiantes de pre y postgrado, productores e investigadores de la rama agrícola.

## VII- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón, A. Manejo de la micorriza arbuscular a nivel de vivero. In: VI Congreso Nacional de Micología/IX Jornadas Científicas, Tapachula, Chiapas. pp. 49-52, 1997.
2. Alexander, T., Meier, R., Toth, R., Weber H.C. Dynamics of arbuscule development and degeneration in mycorrhizas of *Triticum aestivum* L. and *Avena sativa* L. with reference to *Zea mays* L. New Phytologist. Vol. 110 (3): 363-370, 1988.
3. Allsopp, N. and W.D. Stock. Mycorrhizas, seed size and seedling establishment in a low nutrient environment In: Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter A.H. and I.J. Alexander (eds). Mycorrhizas in ecosystems. CAB International. pp. 59-65, 1994.
4. Alvarez S, J.D. y R. Ferrera-Cerrato. Los microorganismos del suelo en la estructura y función de los agroecosistemas. Cuaderno de Edafología 25. Colégio de Post graduados. Montecillo, México. pp. 24-31, 1994.
5. Arzola, N. et al.: La cachaza como enmienda orgánica y fertilizante para la caña de azúcar. INCA. Folleto Divulgativo, 1990.
6. Bago, B., Azcón-Aguilar, C., Goulet, A., Piché, Y. Branched absorbing structures (BAS): a feature of the extraradical mycelium of symbiotic arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 139: 375-388, 1998.
7. Bago, B., Shachar-Hill, Y., Pfeffer, P.E. Dissecting carbon pathways in arbuscular mycorrhizas with NMR spectroscopy. En: Current Advances in Mycorrhizae Research. Section IV: Carbon metabolism and cost of arbuscular mycorrhizas. (eds) Podilla, G.K. y Douds, D.D. Jr. APS Press USA, p. 111-126, 2000.
8. Barea, J. M. /et al. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas va. En: Fijación y Movilización de Nutrientes. Madrid. Tomo II. p 150 - 173. 1991.

9. BAREA, J. M. Las micorrizas arbusculares componente clave en la productividad y estabilidad de agroecosistemas., 2002. [15 marzo 2007]. Disponible en: <http://www.csic.es/asociaciones/api/principal.html>.
10. Bonfante, P., Perotto, S. Outside and inside the roots: cell-cell interactions among arbuscular mycorrhizal fungi, bacteria and host plants. En: Current Advances in Mycorrhizae Research. Section V: Ultrastructural changes during mycorrhizal symbiosis. (eds) Podilla, G.K. y Douds, D.D. Jr. APS Press USA, 2000. p. 141-156.
11. Buée, M., Rossignol, M., Jauneau, A., Ranjeva, R., Bécard, G. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. Mol. Plant-Microbe Interact. 2000. 13: 693-698.
12. Burgis, D. S. y H. S. Wolfe. Do avocado roots develop root-hairs? California Avocado Society. Yearbook. p.77-78, 1946.
13. Cañizares Z. J. Los aguacateros. Edición Revolucionaria, Cuba, 1973 .
14. Corbera, J. y Nápoles, M.C. Evaluación agronómica de la coinoculación de *Bradyrhizobium japonicum* y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soya sobre suelo ferralítico rojo compactado. Cultivos Tropicales. 2000. 21: 21-25.
15. Davies, F.S y Albrigo, L.G. Citrus. Cab International. Wellington. pp. 95-123. INVAM, 1994. ([http:// invam.caf.wvu.edu](http://invam.caf.wvu.edu)) <http://www.mycology.com/>
16. Douds, D.D. y Jr., Nagahashi, G. Carbon partitioning cost, and metabolism of arbuscular mycorrhizas. En: Current Advances in Mycorrhizae Research. (eds) Podilla, G.K. y Douds, D.D. Jr. APS Press USA, 2000. p.107-130.
17. Driesen, P, Deckens y J; Spaargaren y Oand Nachtergaele, F.: Lecturas Notes on the Major Soils of the World. World Soil Resousces Report, 94. Rome, 2001. 334p.
18. FAO Statistics. 2006. FAO Internet Website ([www. faostat.fao.org/site/ 336](http://www.faostat.fao.org/site/336)).

19. Fernández, F. La simbiosis micorrízica arbuscular. En: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana., 166p, 2003.
20. Fernández, F., Dell'Amico, J.M., Rodríguez, P. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrízicos a base de *Glomus hoi* "like" en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Amalia). *Cultivos Tropicales*. 2006 27 (3): 25-30
21. Fernández, F., Gómez, R., Vanegas, L.F., Noval, B.M. de la y Martínez, M.A. Producto inoculante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. Cuba, Patente No. 22641. 2000.
22. Fernández, F., Rodríguez y E.L., Gómez, R. Caracterización de la efectividad de un nuevo inoculante micorrizógeno en poaceas. *Cultivos Tropicales*. 1999. 20: 9-14.
23. Fernández, K., Fernández, F., González, M.E., Pérez, E., Mirabal y L., Pazos, M. Micorrización *in vitro* de plántulas de *Coffea canephora* var. Robusta: ¿Una realidad? *Cultivos Tropicales*. 2002. 23: 47-52
24. Ferrera-Cerrato, R. y M.C. González-Chávez. 1998. La simbiosis micorrízica en el manejo de vivero de los cítricos. pp. 37-63. In: R. Ferrera-Cerrato y J. Pérez-Moreno (eds.). Manejo de agroecosistemas sostenibles. Textos Universitarios.
25. Filho, J.S.; Cardoso, A.N.; Carmona, R. y de Carvalho, A.M. 2004. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.* 39 (4): 327 – 334.
26. Gadkar, V., David-Schwartz, R., Kunik, T., Kapulnik, Y. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. factors involved in host recognition. *Plant Physiol*. 2001. 127: 1493-1499.
27. Ginsburg, O. and Z. Avizohar-Hershenson. Observations on vesicular-arbuscular mycorrhiza associated with avocado roots in Israel. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48: 101-104, 1965.

28. Giovanetti, M., Mosse, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*. 1980. 84: 489-500.
29. Godínez R. y M.A., R. Ferrera-Cerrato, J. Cortés J, and J.I. Domínguez. Response of avocado (*Persea americana* Mill) to inoculation with endomycorrhiza V-A. Abstracts. Fourth International symposium on microbial ecology. Ljubljana, Yugoslavia. August 24-29.p. 150, 1986.
30. Halepensis en vivero en función del tipo de inóculo y técnicas de cultivo. *Actas II Congreso Forestal Español. I. Congreso Forestal Hispano Luso. IRATI 97, 3: 301- 306, 1997.*
31. Hall, J.B. and H.C. Finch. Mycorrhiza in roots of avocado: effect upon chemotaxis of *Phytophthora cinnamomi* zoospores. *Proc. Amer. Phytopathol. Soc.* 1:86, 1974.
32. Harrier, LA. y Watson, CA. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest. Manag. Sci.* 2004. 149-57.
33. Harrison, M.J. Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1999. 50: 361-389.
34. Harrison, in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu. Rev. Microbiol.* 2005. 59: 19-42
35. Hernández, A; Pérez, J.M; Bosch, D; Rivero, L: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 1999. 64p
36. Honrubia, M., Díaz, G. y Gutiérrez, A. 1997. Micorrización controlada de *Pinus*
37. Jaizme-Vega, M.C. and R. Azcon. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 5: 213-217.
38. Jerez, E., Barrosos, L., Cartaya, O. Efectos de períodos cortos de estrés e inoculación micorrízica en el comportamiento de la albahaca blanca (*O. basilicum* L.). *Cultivos Tropicales*. 2004. 25 (2): 29-35

39. Jiménez Villasuso, R; Parra, C; Pedrera, B; Hernandez, L; Blanco, M; Martínez, F; Alvarez, J. Manual Práctico para el del cultivo del aguacatero en Cuba. Cuba. La Habana. 2005.
40. Kramadibrata, K., Walker, C., Schwarzott, D., Schussler, A. A new species of *Scutellospora* a with a coiled germination shield. *Ann. Bot.* 2000. 86: 21-27.
41. Lemus G. S., Ferreyra E. Gil P., Maldonado P., Toledo C., Barrera C., Celedón de Andraca J.M. El cultivo del palto. Segunda edición. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 129. 76 pp, 2005.
42. Matare, R., and M.J. Hattingh. Effect of mycorrhizal status of avocado seedlings on root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Plant and Soil* 49:433-435, 1978.
43. Menge, J., J. La Rue, C. Labanauskas, L. Johnson. The effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutrition of avocado seedlings grown with six fertilizer treatments. *Journal Amer. Soc. Hort. Science*, 105 (3): 400 - 404 1980.
44. Menge, J.A., R. M. Davis, E.L.V. Johnson, and G.A. Zentmyre. VA mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. *Cal. Agric.* 32:6-7, 1978.
45. Montaña, N.M.; Quiroz, V.; Cruz, G. 2001. Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un andisol. *Terra*. 19 (4): 337 – 344.
46. Morton, J.B., Benny, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an amendment of Glomaceae. *Mycotaxon*. 1990. XXXVII: 471-491.
47. Mycorrhization VA d'un systeme radicaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Proc. 1st Eur. Symp. on Mycorrhizae: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae, Dijón. INRA, Paris, 2006.

48. Ortiz, R. y Fernández, F. Efectividad del recubrimiento de semilla de arroz pregerminado con inoculante micorrizógeno arbuscular (EcoMic). *Cultivos Tropicales*. 1998. 19(2):15-18.
49. Packovsky, R. S. /et al./ Comparison between P-Fertilizer and Mycorrhizal Plants. *Crops Science*. 26, 151 - 156. 1986 a.
50. Peñuelas, J. Aspectos teóricos-prácticos de los sustratos de cultivo. En: *Curso superior de viveros y producción de planta forestal autóctona para colonización de ecosistemas Mediterráneos*. Guadalajara, 1998.
51. 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.
52. Pulido, L.E., Cabrera, A., Medina, N. Biofertilization using rhizobacteria and AMF in the production of seedling tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and onion (*Allium cepa*) seedlings. II. Root colonization and nutritional status. *Cultivos Tropicales*. 2003. 24: 5-13. (a)
53. Pulido, L.E., Medina, N., Cabrera, A. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrícicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.) I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales*. 2003 b. 24: 15-24. (b).
54. Read DJ, Duckett JG, Francis R, Ligrone R, Russell A. Symbiotic fungal associations in lower land plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 355: 815–831, 2000.
55. Rivera, R. Resultados de las campañas de validación En: *Sistemas Agrícolas Micorrizados Eficientemente, una vía hacia la agricultura sostenible. Un estudio de Caso: el Caribe*. Ed: Rivera, R., Fernández, K. Ediciones INCA, 2003. p.115-123.
56. Rodríguez, A.T., Ramírez, M.A., Falcón, A., Utria, E., Bautista, S. Estimulación de algunas enzimas en plantas de arroz (*Oriza sativa* L.) tratadas con un hidrolizado de quitosana. *Cultivos Tropicales*. 2006. 27: 87-91.

57. Rodríguez, Y. Aspectos relacionados con las bases bioquímicas de la simbiosis micorrízica arbuscular. *Cultivos Tropicales*. 2005. 26: 11-19.
58. Rodríguez, Y. Caracterización bioquímica de la interacción entre hongos micorrízicos arbusculares y plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var. Amalia). Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Fac. Biología. 2003.
59. Rosa, J. G. D. L. El reino de los hongos., 2003. [Disponible en: <http://www.csic.es/asociaciones/api/principal.html>]
60. SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. D. F., México, 2004.
61. Sánchez, C. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos, 2001.
62. Santacruz U., Heladio y Salvador Ochoa A. Necesidades Nutricionales de Aguacate y Fertilización. Facultad de Agrobiología, Presidente Juárez U.M.S.N.H. Uruapan, Michoacán, México, 1999.
63. Schüber, A., Schawarzott, D., Walker, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 2001. 105: 1414-1421.
64. Sempere, F. y Santamarina, P. L. Aplicación de las Micorrizas. Extracto de artículo de la Revista "Agrícola Vergel". (CO) 4 (232): 198 – 201. 2001.
65. Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. *Schriftenreihe der GTZ* 224. Eschborn. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany. Schborn, Germany.
66. Silva L. C. and J. O. Siqueira. 1991. Growth and nutrient contents of avocado, mango and papaya seedlings under the influence of different vesicular-arbuscular mycorrhiza fungal species. *Revista Brasileira de Ciencia do solo* 15: 283-288.
67. Siqueira, J. O. y A. A. Franco. Biotecnología do solo. Fundamentos e Perspectiva. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. Brasília, D. F . 235 p. 1988.

68. Solaiman, M. and H. Hirata Effects of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rice Growth and N, P, K Nutrition under different water regimes. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1995, 41(3): 505-514.
69. Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., Walter, M.H. Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical, and molecular aspects. *J. Chem. Ecol.* 2003. 29: 1955-1979.
70. Teliz D., G Mora. y L. Morales. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. p. 219. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México.
71. Terry, E. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate. Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en Ciencias Agrícolas. ISCAH. 2001.
72. Trouvelot, A.; Kough, J.; Gianinazzi-Pearson, V. 1986. *Mesure du taux de* Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.
73. Vargas, R. 1991. Control of *Corticium* in tomato and *Fusarium* in strawberry by antagonistic microorganisms and/or vesicular arbuscular mycorrhizae (VAM). *Agronomia Costarricense*. 15:1-6 vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84: 489 – 500.
74. Vierheiling, H., Knoblauch, M., Juergensen, K van Bel, A.J.E., Grundler, F.M.W., Piché, Y. Imaging arbuscular mycorrhizal structures in living of *Nicotiana tabacum* by light, epifluorescence and confocal laser scanning microscopy. *Can. J. Bot.* 2001. 79: 231-237.
75. Vierheiling, H., Lerat, S., Piché, Y. Systemic inhibition of arbuscular mycorrhiza development by root exudates of cucumber plants colonized by *Glomus mosseae*. *Mycorrhiza*. 2003. 13: 167-170.
76. Weller, D.M; Raaijmakers, J.M. ; Gardener, B.B and L.S. Thomashow. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1995. 40: 309- 348
77. Winer, L., B. Reuveni, Y. Bar, J.H. Haas, and A Zveibil. 1998. Influence of autumn fertilization with nitrogen and phosphorous on root activity and

development in avocado. Proc.'World Avocado Congr. 111. Tel Aviv, Israel.  
Oct. 22-27, 1995. pp. 172-180.