



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“RESPUESTA DE *ALLIUM CEPA* L, A LA INOCULACIÓN CON  
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y A LA ADICIÓN  
DE COMPOSTA, EN SUELOS DERIVADOS DE MATERIAL  
VOLCÁNICO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

JESSICA VALENZUELA ÁVILA



DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. SERGIO SALASOS MAYORCA  
CODIRECTOR DE TESIS: M. EN C. JOSÉ EDUARDO GONZÁLEZ QUINTERO



2004

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

7002127  
BIBLIOTECA DE OXFORD



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: Respuesta de Allium cepa L, a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y a la adición de composta, en suelos derivados de material volcánico, bajo condiciones de invernadero.

realizado por Jessica Valenzuela Avila

con número de cuenta 08934586-7 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario M. en C. Sergio Palacios Mayorga

Codirector de Tesis

Propietario M. en C. José Eduardo González Quintero

Propietario Dra. Evangelina Pérez Silva

Suplente M. en C. Beatriz Coutiño Bello

Suplente Dr. Jorge Enrique Gama Castro

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez





DEDICO ESTE TRABAJO CON AMOR A:

-Mis abuelitos † Soledad Oliva, † AustreBertha Muñoz., † José Isabel Valenzuela, y  
† Emigdio Ávila

-Mis papas

-Mis hermanas y hermano.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JESSICA VALENZUELA

AVILA

FECHA: 13/02/04

FIRMA: VALENZUELA AVILA JESSICA

## AGRADECIMIENTOS

- A *Mi director de tesis: M. en C. Sergio Palacios Mayorga. Por haberme dado la oportunidad, como su tesista, de integrarme a sus proyectos de investigación y por estar siempre pendiente de mi trabajo.*
- A *Mi Codirector de tesis M. en C. José Eduardo González Quintero. Por su asesoramiento, por haberse hecho cargo de la captura fotográfica del material y revisar ésta tesis.*
- A *los profesores que integran mi jurado; M. en C. Sergio Palacios Mayorga, M. en C. José Eduardo González Quintero, Dra. Evangelina Pérez Silva, M. en C. Beatriz Coutiño Bello, Dr. Jorge Enrique Gama Castro, por la revisión y evaluación del presente trabajo.*
- A *Mis hermanos Liliana y Miguel. Por su ayuda en el montaje de los experimentos, y su apoyo en el cuidado de los experimentos en el invernadero.*
- A *El señor Rubén Zamora Rojas. Por su apoyo en el cuidado de los experimentos en el invernadero.*
- A *mis maestros y a todos aquellos que han contribuido en mi formación.*
- A *la Universidad Nacional Autónoma de México.*

# CONTENIDO

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVO.....	5
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
1.0 GENERALIDADES.....	6
1.1 Características Morfológicas y taxonómicas de la cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.).....	6
1.1.1 Características Morfológicas.....	6
1.2 Clasificación Taxonómica.....	7
1.3 Requerimientos físicos, químicos y biológicos para su desarrollo.....	8
1.4 Origen e importancia de la Materia Orgánica en el suelo.....	10
1.4.1 Humus.....	11
1.4.2 Fuentes de materia orgánica.....	12
1.5 Características de las compostas.....	12
1.5.1 Origen e importancia.....	12
1.5.2 Efecto de la composta en el suelo y en el rendimiento de los cultivos.....	14
1.5.3 Efecto del composteo en residuos de eucalipto.....	15
1.6 La Micorriza Arbuscular (MA) .....	15
1.6.1 Clasificación Taxonómica de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA).....	18
1.6.2 Identificación de las esporas.....	19
1.6.3 Aspectos generales sobre el proceso de colonización.....	20
1.6.4 Aspectos generales de la morfología de la colonización.....	22
1.6.5 Absorción del fósforo.....	24
1.6.6 Absorción del nitrógeno y otros nutrimentos.....	25
1.6.7 Aumento de la resistencia al stress hídrico.....	26
1.6.8 Efecto de la (MA) en sistemas agrícolas.....	26
1.6.9 La necesidad de la aplicación y manejo de los HMA en los agroecosistemas.....	28

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 Localización del Área de Estudio.....	30
5.2 Características edáficas de los suelos objeto de éste estudio.....	31
5.3 Diseño Experimental.....	32
5.3.1 Primera etapa experimental.....	32
5.3.2 Segunda etapa experimental.....	33
5.3.3 Muestreo y procesamiento del suelo.....	34
5.3.4 Procedencia y preparación de la composta.....	35
5.3.5 Fertilización química aplicada.....	35
5.3.6 Procedencia del inóculo micorrízico arbuscular introducido.....	36
5.3.6.1 Extracción del inóculo .....	36
5.3.7 PRIMERA ETAPA EXPERIMENTAL.....	37
5.3.7.1 Aplicación del inóculo a los lotes experimentales.....	37
5.3.7.2 Procesamiento y aplicación del extracto microbiano.....	37
5.3.7.3 Preparación de las semillas para la siembra de los almácigos.....	38
5.3.7.4 Cuidado de los almácigos.....	38
5.3.7.5 Riego de los almácigos.....	39
5.3.7.6 Temperatura ambiente del experimento.....	39
5.3.7.7 Aclareo.....	39
5.3.8 SEGUNDA ETAPA EXPERIMENTAL.....	39
5.3.8.1 Transplante de las plántulas de cebolla, a las macetas.....	39
5.3.8.2 Preparación del suelo para las macetas.....	39
5.3.8.3 Preparación de los diferentes tratamientos para las macetas.....	40
5.3.8.4 Cuidado del experimento en macetas.....	40

5.3.9	Variables de estudio.....	41
5.3.9.1	Proceso para determinar el peso fresco y seco del follaje, bulbo y el volumen de la raíz. ....	41
5.3.9.2	Técnicas generales para evaluar el desarrollo de los hongos micorrízicos arbusculares.....	42
5.3.9.2.1	Aclareo y tinción de raíces .....	42
5.3.9.2.2	Evaluación del porcentaje de colonización micorrízica .....	42
5.3.9.2.3	Separación de esporas por el método de tamizado y decantación en húmedo.....	43
5.3.9.2.4	Método de centrifugación en sacarosa.....	44
5.3.9.2.5	Determinación del porcentaje de incremento en los tratamientos.....	44
5.3.10	Análisis Estadístico.....	44
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
6.1	Resultados de los tratamientos, 1 mes después de la emergencia de las plántulas (en almácigo con suelo esterilizado).....	46
6.1.1	Porcentaje de colonización de la raíz.....	46
6.1.1.1.2	Colonización por los hongos micorrízicos nativos (Mn).....	47
6.1.1.1.3	Colonización por el hongo micorrízico introducido (Mi).....	48
6.1.2	Aspectos generales de la morfología de los hongos micorrízicos.....	49
6.1.2.1	Inóculo de HMA nativos (Mn) e introducido (Mi).....	49
6.1.2.2	Morfología interna y externa de la colonización en las raíces de las plantas de los diferentes tratamientos inoculados con (Mi) y (Mn).....	50
6.1.2.2.1	Morfología interna en los tratamientos con el HMA introducido (Mi).....	50
6.1.2.2.2	Morfología interna en el tratamiento con HMA nativos (Mn).....	52
6.1.2.2.3	Morfología externa en los tratamientos con el HMA introducido (Mi).....	52
6.1.2.2.4	Morfología externa en el tratamiento con HMA nativos (Mn).....	52
6.1.2.2.5	Diferencias morfológicas en la colonización de los tratamientos (Mn) y (Mi).....	52

6.1.3 Efecto de los tratamientos en la producción de biomasa en las plántulas .....	55
6.2 Resultados de los tratamientos a 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas (en maceta con suelo esterilizado y sin esterilizar).....	59
6.2.1 Porcentaje de colonización de las raíces.....	59
6.2.1.1 Colonización alcanzada por los tratamientos con el hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn).....	61
6.2.2 Morfología interna y externa de la colonización de los tratamientos con los inóculos del HMA introducido (Mi) y los nativos (Mn).....	64
6.2.2.1 Morfología interna en los tratamientos con el HMA introducido (Mi).....	64
6.2.2.2 Morfología interna en el tratamiento con los HMA nativos (Mn).....	65
6.2.2.3 Morfología externa en el tratamiento con el HMA introducido (Mi).....	66
6.2.2.4 Morfología externa en los tratamientos con los HMA nativos (Mn).....	67
6.2.2.5 Comparación de la morfología micorrízica entre los tratamientos (Mi) y (Mn).....	68
6.2.2.6 Morfología interna y externa de los HMA de ambas poblaciones de hongos en el tratamiento (Mi+mn).....	69
6.2.2.7 Aspectos morfológicos de la colonización en los tratamientos sin inóculo de (Mn) y (Mi).....	71
6.2.3 Rendimiento de biomasa del bulbo, producida por los tratamientos con hongos micorrízicos nativos (Mn) e introducido (Mi).....	72
6.2.4 Rendimiento de biomasa del follaje, producida por los tratamientos con hongos micorrízicos nativos (Mn) e introducido (Mi).....	89
6.2.4.1 Respuesta del hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn) en combinación con la fertilización química.....	90
6.2.4.2 Respuesta del hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn) en combinación con la composta.....	93
6.2.5 Volumen de la raíz. alcanzado por los tratamientos.....	94

VI. CONCLUSIONES.....	98
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	102
VIII. ANEXO.....	114
IX. APÉNDICE.....	124

## RESUMEN

Se evaluó experimentalmente en el invernadero, el desarrollo y producción de biomasa de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad *Cojumatlán*, para cuantificar el efecto de la inoculación con un aislado del hongo micorrízico arbuscular introducido *Glomus mosseae* (Mi), con el propósito de compararlo con la eficiencia de: la micorriza arbuscular nativa (Mn), la aplicación de composta de Eucalipto (c), y de la fertilización química (q), así como con sus combinaciones. Se utilizó un suelo de origen volcánico de la localidad de Santa Catarina, estado de Morelos, clasificado como Phaeozem háplico, de baja fertilidad química, utilizado comunmente para el cultivo de maíz, tomate y chile, entre otras hortalizas. De sus propiedades, resalta su alta capacidad de retención de fósforo (la cual es en promedio del 75%) y su pobreza en éste nutrimento (2.0 ppm). Este suelo contenía 7 esporas de hongos micorrízicos arbusculares nativos por gramo, detectándose 14 esporotipos en 100g de suelo distribuidos como sigue: 75% de esporotipos de la familia *Glomaceae*, 20% de *Gigasporaceae*, y 5% de *Acaulosporaceae*. De éste suelo se preparó un inóculo concentrado de hongos nativos que contenía 300 esporas por g, con una viabilidad de 45%. El inóculo del hongo introducido (*Glomus mosseae*) contenía 200 esporas por g, con una viabilidad de 90%. Se aplicó 5% de composta (c), tanto al suelo del almácigo como al de las macetas, y la fertilización química (q) se aplicó urea y superfosfato simple, como fuente de N y P, respectivamente, con base a la formula 140-80-00 (de NPK).

El experimento se realizó en dos etapas: (1) siembra en almácigo (semillero con cepellones de 50g de capacidad), con y sin los hongos micorrízicos nativos (Mn) los cuales se eliminaron con esterilización a vapor reponiendo, posteriormente, la microbiota del suelo (bacterias del suelo original), y (2) trasplante de plántulas en macetas, (con capacidad de 3.5 K ), utilizando suelo natural de la localidad de estudio, no esterilizado. La primera etapa duró un mes y la segunda 2.5 meses, del trasplante a la cosecha. En ambos casos, se aplicó un diseño completamente al azar; 9 tratamientos con 15 repeticiones en la primera etapa y 5 en la segunda. Las variables de respuesta evaluadas fueron: % de colonización, peso fresco y seco del follaje y bulbo y volumen de raíz.

**Resultados obtenidos en la primera etapa.** El mayor porcentaje de colonización correspondió al tratamiento con los hongos micorrízicos arbusculares nativos (Mn), con una alta diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) con respecto a todos los tratamientos micorrizados. No obstante, la producción de biomasa en éste tratamientos fue la menor. El subtratamiento (cq) obtuvo un porcentaje de incremento de 212 % con respecto al testigo. Este resultado presentó una alta diferencia significativa



con respecto a los demás tratamientos debido a que, en ésta etapa, la colonización se encontró en las fases lag y principios de la exponencial, por lo que aun no se establecía completamente la simbiosis. En la segunda etapa, la colonización fue mayor en los suelos no esterilizados (Mn), sobresaliendo el subtratamiento (cMi+Mn) con 95 % de colonización, en tanto que los tratamientos (Mn) y (Mi) obtuvieron 78 y 71 %, respectivamente.

Respecto a la producción de biomasa en el peso fresco del bulbo, el porcentaje de incremento obtenido con (Mi) en comparación al control (Mn) fue de 1,228 %. Estos resultados fueron estadísticamente significativos. Por otra parte, la fertilización química ejerció un efecto negativo sobre el hongo introducido y un efecto positivo sobre los hongos nativos, ya que el subtratamiento (q+Mn) presentó un porcentaje de incremento en peso fresco y seco de 193 y 137 % con respecto al del (qMi); a diferencia de la fertilización con composta que benefició a los dos tipos de hongos, sobresaliendo el efecto sobre el hongo introducido, ya que (cMi) produjo un porcentaje de incremento en peso fresco y seco de 89 y 72 %, respectivamente, con respecto al que produjo el tratamiento (c+Mn). Finalmente, el porcentaje de incremento alcanzado por el tratamiento (cMi) en peso fresco y seco con respecto al testigo (T) fue de 847 y 971 %, respectivamente, comparado con el obtenido por (c+Mn) que fue de 402 y 523 %, respectivamente. Los resultados antes expuestos dieron diferencias altamente significativas con respecto al testigo ( $P \leq 0.01$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola ha estado unida desde sus orígenes a la aplicación de materiales orgánicos para mejorar las cosechas. Sin embargo, la necesidad de obtener incrementos en la producción dió paso a una nueva forma de producir, la cual se basó en el uso intensivo de los agroquímicos, sin considerar su efecto sobre el medio ambiente.

El uso irracional de los fertilizantes químicos incidió de manera alarmante sobre los agroecosistemas; principalmente sobre dos de los componentes edáficos más importantes: la materia orgánica y los microorganismos benéficos del suelo. Como respuesta a esto, se produjo una disminución global de la capacidad productiva y funcional de los suelos. Al respecto, actualmente existe un gran interés por encontrar, a través de las ciencias agrobiológicas, las alternativas que permitan incrementar y conservar la fertilidad de los suelos, racionalizando, complementando y/o substituyendo los fertilizantes químicos por biofertilizantes. En esta búsqueda, se ha encontrado que el empleo de compostas y de algunos microorganismos del suelo representan las alternativas más favorables.

El composteo es una técnica que permite poner en disponibilidad los nutrimentos básicos para las plantas a partir de la transformación microbiológica de los desechos orgánicos, volviéndolos, principalmente, fuente de N (nitrógeno) y P (fósforo). Además, mediante éste proceso, se obtiene un producto final rico en sustancias húmicas y en nutrimentos fácilmente asimilables por las plantas y que, a la vez, mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Dalszell, 1991). Sobre este particular, desde hace tiempo, se estudian las mejores técnicas para compostear los desechos orgánicos y se hacen pruebas con el fin de conocer la efectividad de los diferentes desechos orgánicos que se generan, una vez que se han composteado gracias a la intervención de los diferentes grupos microbianos que constituyen el componente dinámico del suelo.

Entre otros grupos de microorganismos del suelo, existen aquellos que establecen simbiosis con las plantas, como son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que se asocian con la mayoría de las plantas vasculares. Este grupo de hongos constituye una de las alternativas más importantes para incrementar el crecimiento de las plantas, en vista de que estos microorganismos se convierten en una extensión muy efectiva de sus raíces, lo cual facilita la absorción del P por arriba del 80%, del N en 25%, K en 10%, Zn en 25% y Cu en 60%, entre otros nutrimentos (Marschner y Dell,

1994). Esto significa, además, de un aumento en el crecimiento de las plantas, una mayor resistencia a las enfermedades radicales (Bird, *et. al.* 1974). Por otra parte, se ha demostrado experimentalmente que la materia orgánica y los HMA se complementan para incrementar el desarrollo de las plantas (Sieverding, 1991).

La extrema pobreza en fósforo de la mayoría de los suelos en México se debe, en gran parte, a la elevada capacidad de algunos suelos para retener este nutrimento en forma no aprovechable por las plantas, debido a sus propiedades químicas y mineralógicas relacionadas con su origen. Tal es el caso de los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles y Phaeozems) y algunos de naturaleza calcimagnésica, ambos, con una amplia distribución en México. Este hecho hace resaltar más aún la importancia que, para nuestro país, tiene el estudio y aplicación de algunos microorganismos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) particularmente, en especies hortícolas y frutícolas que se propagan por medio de sistemas de almácigo y vivero. Entre estas especies, por lo general, se encuentran algunas de las de mayor importancia económica para el país. Sin embargo, falta mucho por hacer para lograr un manejo efectivo de los hongos micorrízicos arbusculares, como un recurso para incrementar la productividad en estos suelos, lo cual dependerá, en gran medida, del conocimiento que se tenga de estos microorganismos con relación a su comportamiento en los agroecosistemas. En este sentido, es de particular importancia lo relacionado a su ciclo de vida, biodiversidad y sus relaciones agroecológicas (suelo-cultivo-manejo agrícola). No menos importante es el conocimiento y dominio de técnicas adecuadas de propagación, cultivo e inoculación. Por todo lo antes expuesto, en el presente trabajo se tiene como objeto evaluar el efecto de una composta (producida en la planta de composteo de Ciudad Universitaria) hecha a base de desechos de jardinería en los que predominan los provenientes de árboles de Eucalipto, así como el efecto que tienen los HMA sobre una hortaliza de importancia económica en México (como es la cebolla) utilizando un suelo derivado de materiales volcánicos, particularmente muy pobre en fósforo, debido a su alta capacidad para retener este nutrimento.

## **II. HIPÓTESIS Y OBJETIVO**

### **Hipótesis**

Se espera que:

- 1.- Los residuos de Eucalipto pierdan significativamente su efecto alelopático durante el composteo y que, por lo tanto, no afecten en forma negativa a los HMA y a su relación simbiótica
- 2.- Que la composta de Eucalipto actúe como un mejorador del suelo y fuente de nutrientes contribuyendo, de manera conjunta con los HMA, a incrementar significativamente el crecimiento de las plantas.

### **Objetivos**

Evaluar:

1. La efectividad y biodiversidad de los HMA nativos, a través de la producción de biomasa en la cebolla.
2. La aplicación de la composta en su interacción con: (a) los HMA nativos, (b) la inoculación con el HMA introducido y (c) la aplicación de fertilización química
3. Observar el patrón morfológico de colonización de los HMA, tanto nativos como con el introducido, en interacción con la composta y los tratamientos de referencia.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.0 GENERALIDADES

#### 1.1 Características Morfológicas y Taxonómicas de la Cebolla (*Allium cepa* L.)

##### 1.1.1 Características Morfológicas

Es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne, pero no típica, con etapa o ciclo inicial de desarrollo bianual. De la cual se desarrolla el bulbo, que es la parte comestible, en su primera etapa de crecimiento y los vástagos o tallos florales en la segunda etapa. Sus raíces son muy fibrosas y ramificadas, las raíces primarias y/o verdaderas empiezan a morir muy temprano, durante el período en que los bulbos maduran, cuando el suelo está relativamente seco. De una planta se originan, aproximadamente, de 60 a 70 raíces fusiformes y adventicias, de las cuales se forman raíces laterales que llegan a alcanzar una longitud de 25 a 30 cm y 80 a 90 cm de profundidad. Las raíces presentan pocos pelos absorbentes (Guenkov, 1974).

En la base del bulbo (plato) se encuentra el tallo verdadero, el cual es muy rudimentario y pequeño, que alcanza sólo unos cuantos milímetros de longitud.

El conjunto de hojas constituyen un tallo falso el cual, durante el primer año, alcanza una altura de 0.5-1.5 cm y 1.5-2.0 cm de ancho. Sobre él se forman las yemas y las hojas, y de él crecen las raíces adventicias (Guenkov, 1974).

La inflorescencia es una umbela simple que se forma al final del vástago o tallo floral; el número de tallos florales puede ser de 1 a 20 (o más) por planta, y alcanza una longitud hasta de 1.5 m. Estos tallos florales se forman en condiciones de baja temperatura y después que ha pasado su etapa juvenil. La umbela puede llegar a tener de 50 a 2000 flores (Valadez, 1990).

Las flores son blanquecinas o violáceas, poseen 2 ó 3 brácteas, 6 estambres y 6 pétalos; el ovario es súpero, trilocular, con 2 óvulos en cada lóculo, formando 2 semillas en cada lóculo. Es una planta de polinización cruzada (Valadez, 1990).

El fruto es una cápsula tricarpelar, globular, en la cual pueden formarse hasta 6 semillas. En las fases tempranas, la cápsula es de color verde-pardo. Cuando las semillas alcanzan el inicio de la maduración toma un color de cera, y se tornan de color verde amarillento y en plena madurez toman un color pardo-claro. (Valadez, 1990).

Las hojas son tubulares, aguzadas en su parte superior y ensanchadas en la parte central. Son de color verde oscuro o verde claro, con o sin una película parecida a la cera. Cada hoja verdadera consta de limbo y vaina cilíndrica. En una planta se forman de 10 a 15 hojas. Las hojas crecen

sucesivamente de manera que, cada hoja joven pasa por la vaina de la hoja ya crecida. Así, las vainas cilíndricas de las hojas se sitúan una dentro de la otra y, de esta manera, se forma el llamado tallo falso. Por consiguiente, es una formación foliar y no tiene nada que ver con el tallo verdadero. (Valadez, 1990).

El bulbo es el órgano donde se acumulan las sustancias nutritivas de reserva durante el primer año. Consiste en túnicas o escamas carnosas, yemas y del tallo verdadero. Las escamas carnosas pueden ser abiertas o cerradas. Las abiertas se forman mediante el engrosamiento de la parte inferior de las vainas de las hojas que, normalmente, habrán crecido durante el ciclo vegetativo y que envuelven completamente al bulbo; las sustancias nutritivas de las escamas exteriores, se acercan a través del tallo verdadero a las más inferiores y a las yemas; de este modo, las exteriores se convierten en túnicas. (Valadez, 1990).

## 1.2 Clasificación Taxonómica

Reino:	<b>Vegetal</b>
Subreino:	<b>Embriophyta</b>
División:	<b>Antophyta</b>
Subdivisión:	<b>Angiospermae</b>
Clase:	<b>Monocotyledonae</b>
Subclase:	<b>Corolliferae</b>
Orden:	<b>Liliflora</b>
Familia:	<b>Liliaceae</b>
Género:	<b><i>Allium</i></b>
Especie:	<b><i>cepa</i> (Cronquist, 1986)</b>

## **Requerimientos físicos, químicos y biológicos para su desarrollo**

**Luz.** Para el crecimiento normal del sistema foliar, en general, es indispensable luz intensa. La sombra influye desfavorablemente sobre el crecimiento y la formación de los bulbos.

La formación y desarrollo del bulbo, esta influenciada directamente por el fotoperíodo (horas-luz), ya sea corto (10 a 12 hr), intermedio (12 a 13 hr) o largo (> 14hr). Las variedades europeas lo requieren hasta de 16 horas o más.

En México solamente se cultivan las variedades de fotoperíodo corto. (Valadez, 1990). Para el engrosamiento del bulbo también necesita un período de elevada temperatura, acompañado de una gran luminosidad (Guenkov, 1974).

**Humedad.** La cebolla es una planta que exige niveles de humedad mas altos que otros cultivos, debido a su sistema de raíces poco desarrollado y de poca capacidad de absorción. Los requerimientos hídricos oscilan entre 300 y 350 mm/ciclo de cultivo (Guenkov, 1974). Valadez, (1990) hace mención de un requerimiento de 380 a 760 mm/ciclo.

Durante la germinación y la formación del sistema foliar, el suelo debe estar bien abastecido de agua. La humedad adecuada, durante el período intensivo de crecimiento de los bulbos, facilita y mejora el funcionamiento de los sistemas radical y foliar y, por consiguiente, contribuye a la formación de mayores bulbos y a la obtención de un alto rendimiento. No obstante, para un desarrollo óptimo, la humedad del suelo no debe sobrepasar el 80% de la capacidad de campo, ya que la cebolla no soporta un suelo con exceso de humedad. En suelos con demasiada humedad, las hojas se hacen muy débiles y amarillentas y presentan fácilmente enfermedades fungosas. Sin embargo, se demora el crecimiento por la falta de humedad y si después se restablece la humedad normal y se renueva el crecimiento, aumenta la tendencia a la deformación de los bulbos. Sin embargo, durante la segunda mitad de su ciclo vegetativo, la planta es relativamente resistente a las sequías; aún mas, durante el período de maduración necesita un clima seco.



**Nutrición.** La cebolla tiene un sistema de raíces relativamente poco desarrollado y de insuficiente capacidad de absorción. No obstante, extrae gran cantidad de sustancias nutritivas durante el período en que se desarrolla el sistema foliar (la primera mitad del ciclo vegetativo de la planta). Todo esto exige que el suelo esté muy bien provisto de sustancias nutritivas, fácilmente absorbibles (Guenkov, 1974).

Los más altos rendimientos generalmente se obtienen con aplicaciones en campo de 120 kg de N/ha. Por otro lado, Shingh *et al.* (1984) y Hegde, (1986) indican máximos rendimientos con la aplicación de 150 kg de N/ha (Henriksen, 1987). Para la producción de cebolla en el Edo. de Morelos, se recomienda una fórmula (NPK) de fertilización de: 140-60-00, es decir, 140 kg de N y 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Caezaca, 1981); no obstante, con dosis más altas (180-80-00) se han obtenido crecimientos óptimos con dosis más altas, (Villagran y Escaff, 1982).

Por otra parte, el sistema radical no tolera una alta concentración de nutrimentos en la solución del suelo. Esto quiere decir que no deben aplicarse grandes cantidades de abonos de rápida solubilidad. La cebolla es exigente en cuanto al contenido de humus en el suelo. Con frecuencia, ha sido considerada como perteneciente a aquellas plantas que tienen mayor necesidad de ser fertilizadas con estiércol. No obstante, el estiércol fresco no es adecuado, puesto que estimula un excesivo crecimiento foliar, hace que el suelo sea más suelto de lo regularmente necesario y prolonga el ciclo vegetativo de la planta (Guenkov, 1974).

**Condiciones climáticas.** En México, se puede cultivar durante todo el año. La cebolla requiere una variación de temperatura durante su ciclo, fresca durante la etapa de plántula y moderadamente alta durante la etapa de bulbo. La temperatura óptima para el desarrollo de esta planta es entre los 12 y 24 °C.

Se sabe que esta planta pueden soportar temperaturas de hasta 33°C y que, al sobrepasar este límite, dejan de crecer. Las temperaturas de los trópicos (40°C) retardan la formación del bulbo. Esta planta es muy resistente al frío, llegando a tolerar temperaturas de hasta -5°C en etapa adulta.

Las semillas pueden germinar a temperaturas de -3 a 2°C, pero muy lentamente, siendo la temperatura óptima para la germinación entre 18 y 25 °C. El brote de las raíces puede ocurrir a una temperatura de 2 a 3°C, y de 5 a 10°C se presenta más rápido.

Después de la fase juvenil (bulbos mayores de 2.5 cm), la cebolla necesita pasar por un período de bajas temperaturas (vernalización) para emitir el vástago floral. A temperaturas de 10° a 15°C



puede manifestarse la vernalización y temperaturas mayores de 20°C no se presenta la floración (Valadez, 1990).

**Suelo.** La cebolla prospera mejor en suelos que le permiten un buen desarrollo del bulbo; como los migajones arenosos, migajones limosos y suelos orgánicos altamente fértiles, ligeramente ácidos y bien drenados. Sin embargo, pueden crecer en una amplia variedad de suelos que tengan condiciones de buena humedad y fertilidad. Los suelos excesivamente compactados o arcillosos, no son adecuados para este cultivo; sobre todo si son demasiado húmedos, ya que estas condiciones perjudican el desarrollo del bulbo a la vez que favorecen la aparición de enfermedades.

El pH más conveniente oscila entre 6 y 7, disminuyendo la producción en suelos ácidos y alcalinos (Guenkov, 1974).

#### **1.4 Origen e importancia de la Materia Orgánica en el suelo**

La materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivos o muertos del suelo (Ortiz y Ortiz, 1990). Químicamente, es la fuente de casi todo el nitrógeno del suelo, del 5 al 60% del fósforo; del 80% del azufre y de gran parte del boro y molibdeno (Donahue *et al.*, 1981). Por otro lado, está constituida principalmente de carbono (cerca del 58% de su peso) con menos cantidades de hidrógeno, oxígeno y otros elementos. Los átomos de carbono unidos entre sí son el esqueleto básico de los materiales orgánicos; los átomos de hidrógeno y oxígeno añadidos a los de carbono; contiene además pequeñas cantidades de nitrógeno, azufre y fósforo, que forman el resto de las sustancias orgánicas que abarca como son: celulosas, ligninas y otros carbohidratos además de proteínas, aminoácidos, aceites, ceras y taninos, entre otras.

La materia orgánica tiene un papel fundamental sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (INIA, 1982). Físicamente, interviene en la floculación y dispersión del sistema coloidal del suelo: (a) incrementando la capacidad de retención de humedad; este factor es definitivo en suelos arenosos y limosos; (b) disminuyendo las pérdidas de agua, reduciendo así la erosión hídrica y eólica, además de consolidar los suelos; (c) favoreciendo la agregación de los suelos muy sueltos (arenosos) y la dispersión de los suelos muy compactos (arcillosos) manteniendo, de esta forma, condiciones favorables para la aireación y permeabilidad.

El empleo de la materia orgánica es una práctica eficaz para disminuir la presencia de microorganismos patógenos en el suelo. El combate biológico de las enfermedades, se explica por la presencia de un ambiente de competencia entre organismos fitopatógenos y aquellos que, por una u otra razón, son favorecidos artificialmente al incrementarse el contenido de N orgánico en el sustrato y que, directa o indirectamente, son benéficos para los cultivos (Hornby, 1983). Al respecto, Corrales *et al.* (1990) obtuvieron reducciones de 65 y 67%, con respecto al testigo, en la incidencia de la enfermedad del chile causada por el hongo *Phytophthora capsici* aplicando gallinaza y composta, respectivamente.

#### 1.4.1 Humus

Se le denomina así, al material producido a partir de la descomposición biológica de la materia orgánica (restos vegetales). El humus está formado por un conjunto de compuestos orgánicos coloidales de color oscuro, que proceden de transformaciones microbianas, que establecen enlaces, poco más o menos estables, con los elementos minerales del suelo (arcillas, hidróxidos de hierro y de aluminio). En medios con una fuerte actividad biológica, es decir en medios aireados y poco ácidos, la descomposición de la materia vegetal es rápida, produciéndose en un período de uno a dos años como máximo. Por el contrario, la descomposición es muy lenta en los medios poco activos; por ejemplo aquellos muy ácidos o cuando la materia prima vegetal es poco biodegradable, en cuyo caso se necesitan de 10 a 20 años.

Definido químicamente, el humus es amorfo, pardo oscuro o negro, poco soluble en agua, pero lo es en soluciones alcalinas diluidas (NaOH ó KOH). Contiene: proteínas (cerca del 30%); ligninas y azúcares complejos poliurónidos; aproximadamente 60% de carbono; algo de oxígeno; 5% de nitrógeno y menor cantidad de azufre, fósforo y otros elementos. El humus da cohesión a las tierras arenosas y aumenta el espacio poroso de los suelos compactos (Donahue *et al.*, 1981).

El humus tiene la capacidad de retener cationes y coloides de carga eléctrica positiva, y una capacidad elevada para retener cationes, del orden de 350 a 450 meq 100 g<sup>-1</sup>, esto es, 40 veces mayor que la caolinita y 4 veces superior a la montmorillonita; ello supone un beneficio para la nutrición de las plantas, porque los cationes retenidos por el humus son más fácilmente absorbidos por las plantas.

El humus favorece la estructura del suelo, ya que agrega las partículas en glómérulos de tamaño medio lo que permite una buena circulación del agua, aire y la penetración de raíces en el suelo. Por otro lado, aporta elementos minerales como nitrógeno, fósforo y potasio; aumenta la capacidad de

cambio de iones del suelo al unirse con la arcilla para formar el complejo arcillo-húmico, manteniendo el fósforo en estado asimilable para las plantas aún en presencia de caliza y de hierro libre; además, es una fuente de gas carbónico que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo con lo que se facilita su absorción por las plantas (Guerrero, 1990).

#### **1.4.2 Fuentes de materia orgánica**

La materia orgánica del suelo esta formada de los restos de vegetales y animales que se encuentran en él, como: hojarasca, microorganismos, estiércol, abonos verdes, residuos o subproductos de cosecha (como bagazo y cachaza de la caña de azúcar, pulpa de café, orujo y lías en el caso de la vid) y desperdicios domésticos e industriales tratados, como la composta (Cruz, 1986).

### **1.5 Características de las compostas**

#### **1.5.1 Origen e importancia**

Biddlestone y Gray, (1984) definieron el composteo como la descomposición de los desechos orgánicos heterogéneos por una población microbiana mezclada en un ambiente húmedo, cálido y aeróbico, cuyo producto final ya madurado, es el humus. La palabra composteo es utilizada para definir la degradación microbiana de sólidos orgánicos por medio de la respiración aerobia que pasa por una fase termofílica; lo que significa que el producto obtenido, proviene de la acción de las bacterias que degradan, aerobia y termofílicamente, los materiales orgánicos (Briones, 1989).

El composteo ha sido empleado por los agricultores desde hace siglos como un medio de aporte complementario de materia orgánica barata y accesible (Labrador *et al.* 1993). La mayoría de las técnicas actuales de cultivo, exigen el suministro de elementos orgánicos y minerales, aunque es en los sistemas agrícolas de subsistencia, donde se le emplea más frecuentemente (Luna, 1994). Con la necesidad de nutrir los cultivos, se intensificó el uso de fertilizantes químicos hasta llegar a ser de uso indiscriminado. Esto generó, entre otras consecuencias, la degradación del recurso suelo. Actualmente, está cobrando auge la incorporación de materia orgánica al suelo a partir de desechos orgánicos, tal y como lo hiciera el agrónomo inglés Albert Howard quien, desde 1905, realizó estudios relacionados con las compostas.

Los desechos orgánicos se producen en grandes cantidades en todo el mundo y, por lo general, crean problemas de contaminación del ambiente. Estos desechos se originan de aguas con desechos fecales o de alcantarillado, de la agroindustria, ganadería y de los mismos hogares (Edwards y Bater, 1992). El composteo es un buen medio para recuperar la materia orgánica de dichos desechos, cuyo uso en la agricultura es adecuado para reemplazar la materia orgánica que se pierde año con año, debido a las prácticas agrícolas normales. Es así como el composteo, por una parte, nos permite recuperar energía de los desechos y, por otra, nos garantiza disponer de grandes cantidades de materia orgánica para la agricultura. Este proceso trata técnicamente los residuos sólidos orgánicos, biológicamente degradables, sometiendo a un proceso de fermentación controlado, con el fin de lograr que la materia orgánica contenida en ellos, se estabilice para obtener un producto final cuya apariencia física sea semejante a la "tierra orgánica" y que, por su alto contenido en humus, pueda ser empleado en la agricultura, como mejorador de suelos o como biofertilizante, con la seguridad de que es un producto efectivo, higiénico y de bajo costo (Bertoldi *et al.* 1985).

Un abono orgánico, como la composta, contiene entre otros elementos: nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en cantidades que, aunque pequeñas, son fácilmente asimilables por la planta. Por otro lado, su contenido de materia orgánica ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Aburto, 1980). El composteo nos ofrece algunas ventajas tales como: (a) incremento en la solubilidad de algunos nutrimentos como el fósforo; (b) inmovilización temporal del nitrógeno soluble, por los microorganismos, evitando con ello su pérdida por lixiviación y/o volatilización; (c) aumento de la concentración de nutrimentos, como consecuencia de la pérdida de carbono orgánico que ocurre durante la fermentación, lo cual también contribuye a la disminución de carga transportable; (d) destrucción de microorganismos patógenos, como consecuencia del incremento en la temperatura que se genera por la descomposición de la materia orgánica. Este efecto es útil sobre todo cuando se manejan basuras y aguas negras de las ciudades; (e) eliminación del mal olor que, generalmente, tienen los materiales orgánicos frescos como estiércoles, basuras y lodos de aguas negras y (f) disminución de la humedad del material composteado.

Las funciones atribuidas a la aplicación de composta al suelo son diversas, como ya se ha mencionado, pero no sería muy objetivo restringir el uso actual y potencial de ésta al mejoramiento de suelos (Luna, 1994). Estudios recientes señalan que la composta puede ser usada en la alimentación de ganado vacuno aunque, en cierto sentido, los usos potenciales de desechos composteados no han sido totalmente explorados. Entre las tecnologías en desarrollo con posibilidades económicas se tienen: el uso de suelos artificiales, a base de composta, para practicar

la agricultura sobre el océano o grandes lagos; el uso de procesos enzimáticos para la obtención de azúcares a partir de la composta y la recuperación de nutrientes para consumo humano, mediante el desarrollo de cultivos microbiológicos especializados.

### **1.5.2 Efecto de la composta en el suelo y en el rendimiento de los cultivos**

Una composta madura, hecha a base de residuos agrícolas y pecuarios, alcanza condiciones aceptables para su uso en la agricultura, una vez transcurridos de 3-6 meses, cuando presenta las siguientes características: olor agradable, color oscuro, aspecto esponjoso y granulado, un equilibrio en cuanto a elementos minerales, rico en sustancias activadoras de la fisiología vegetal y del metabolismo microbiano y con una enorme población de microorganismos benéficos que enriquecerán al suelo (Labrador *et al.* 1993). Los residuos sólidos urbanos, no separados adecuadamente, también son composteados en plantas industriales con biodigestores y por medio de un proceso de fermentación controlado. El producto terminado tiene un relativo interés agrícola, ya que, aunque por su granulometría ofrece condiciones como agente para la mejora física del suelo, su calidad es dudosa, su olor no es muy agradable y su contenido de metales pesados puede ser alto (con el peligro de contaminación subsecuente); además, no actúa como un bioactivador (Labrador *et al.* 1993).

La riqueza media de la composta resulta difícil de evaluar debido a que, tanto los materiales como el proceso de fermentación, son variables; no obstante, si se respetan los principios fundamentales del composteo se obtendrá un producto estable de buena calidad (Bertoldi *et al.* 1985).

En estudios sobre la adición de composta y estiércol y su efecto en algunas propiedades físicas y químicas de un suelo recién abierto al cultivo se encontró que, con la incorporación de éstos materiales, se observaron cambios favorables en la formación de agregados estables al agua, se incrementó el porcentaje de humedad en el límite líquido y límite plástico y se redujo el índice de contracción; aumentó la constante de humedad, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente; disminuyó la densidad aparente, a la vez que se incrementó la materia orgánica, el contenido de nitrógeno total y fósforo aprovechable, y disminuyó la capacidad de intercambio catiónico. Por otro lado, no existieron cambios en el pH del suelo, ni en el contenido de potasio intercambiable (Gómez, 1986).



### **1.5.3 Efecto del composteo en residuos de eucalipto**

Actualmente se sabe que la mayoría de las especies de eucalipto liberan sustancias alelopáticas, las cuales son nocivas para una gran número de plantas.

Entre los efectos adversos de los eucaliptos vivos o de su hojarasca, ramas, troncos y raíces, se tienen los siguientes: (a) reducción de la diversidad y abundancia del sotobosque cercano; y (b) la creación de una banda de inhibición del crecimiento o rendimiento de los cultivos, cuyo efecto es mayor mientras más cerca estén del árbol.

Muchos estudios sobre la alelopatía del eucalipto se han realizado con bioensayos en cajas de petri complementados con estudios de invernadero. La conclusión abrumadora de estos estudios es que todas las especies de eucalipto probadas tienen sustancias que inhiben, en diferentes grados, el crecimiento y la germinación de plantas en estas condiciones. La inhibición se atribuye a terpenoides (principalmente cífelol, limoneno y otros monoterpenoides), ácidos fenólicos, flavonoides y taninos (Souto *et al.*, 1994).

Sin embargo, cuando los restos vegetales de eucaliptos son composteados los efectos inhibitorios se revierten y los rendimientos de los cultivos son mayores. Según Sanginga y Zwift, (1992), se ha detectado 97% mayor crecimiento con los residuos de eucalipto composteados, en comparación con los restos sin compostear.

### **1.6 La Micorriza Arbuscular (MA)**

Dangerard en 1900 fue el primero en dar el nombre de hongos vesículo-arbusculares (Mosse, 1973). Sin embargo, las micorrizas vesículo arbusculares fueron reconocidas, por primera vez, en 1923, por Peyronel.

La Micorriza tiene tres importantes componentes: (1) la raíz; (2) las estructuras del hongo en los espacios intercelulares y en el interior de las células de la raíz, y (3) un micelio externo en el suelo (Azcón y Barea, 1980; Le Tacon, 1985; y Sylvia, 1992).

Su abundancia e influencia en la nutrición y crecimiento de las plantas es de gran trascendencia fisiológica y ecológica, y es determinante para el buen funcionamiento y estabilidad de las comunidades vegetales (Abbott, 1994).

Estos hongos se encuentran distribuidos en diversos hábitats, desde el ártico hasta el trópico; en ambientes áridos y húmedos; formando parte tanto de comunidades naturales, como de ecosistemas altamente perturbados, (Hayman, 1987; Trappe, 1987). Cerca del 95% de las plantas vasculares son micotróficas, incluyéndose a las Briofitas, Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas. (Brundrett, 1991 y Abbott, 1994). Además, tienen gran importancia en el crecimiento y sobrevivencia de plantas de interés agrícola, hortícola, frutícola y forestal.

La Micorriza estimula el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente, en suelos de baja y moderada fertilidad (Palacios *et al.* 1987).

La mayoría de las especies de leguminosas y gramíneas, que son de gran importancia agrícola, están micorrizadas. No obstante, existen especies con alta y baja micorrización. El sistema radical de muchas leguminosas forrajeras como la alfalfa, generalmente, tienen una alta micorrización (Lambert *et al.* 1980). Entre las leguminosas de grano, el frijol (*Phaseolus*) es de las más micorrizadas (Sutton, 1973); en cambio *Lupinus* tiene muy poca o ninguna colonización (Trinick, 1977). Por otra parte, entre las gramíneas, el centeno es menos micorrizado que otros cereales (Strzemska, 1975); y el maíz es más micorrizado que el trigo (Azcón y Ocampo, 1981). Otros cultivos que son micorrizados son: sorgo, cebada, algodón, vid, arroz, olivo, limón, cacao, tabaco, caña de azúcar, piña, lechuga, cebolla, garbanzo, soya, fresa, manzana, caucho, papaya, palma de aceite, plantas con bulbos entre otras. Algunos cultivos poseen una moderada colonización como son: trigo, café, y jitomate (Sieverding, 1991).

Las plantas que tienen un sistema poco extensivo de raíces son, por lo general, altamente dependientes de la Micorriza, por ejemplo plantas como *Manihot esculenta* Crantz; *Citrus spp*; *Allium spp* y muchas leguminosas tropicales. Por el contrario, las plantas con una alta densidad de pelos radicales dependen, en menor grado, de las Micorrizas Arbusculares que aquellas con pelos cortos y escasos (Janos, 1988).

Se han registrado diferencias en el grado de susceptibilidad del huésped y en la adaptabilidad de las micorrizas a determinadas condiciones (Harley y Smith, 1983; Le Tacon, 1985). Por ejemplo, la existencia de hongos más adaptados a especies forestales y otros a cultivos agrícolas es un hecho comprobado, (Sieverding, 1991). Asimismo, se sabe que el pH del suelo es un factor determinante de la presencia y efectividad de ciertos hongos micorrízicos (Azcón y Barea, 1980). Por ejemplo, *Glomus mosseae* tiene un grado óptimo de germinación a pH 7, pero a pH 5 no germina. En

cambio, *G. heterógama* y *G. caralloidea*, germinan a pH 5 y 6, respectivamente, (Green *et al.* 1976).

En general, los factores que afectan la distribución, actividad y supervivencia de los hongos micorrízicos son los siguientes: fertilidad del suelo, humedad, contenido de materia orgánica, nivel de oxígeno en el suelo, disponibilidad de nutrimentos, temperatura, intensidad de luz, vegetación, susceptibilidad del hospedero, efectividad y colonización del endófito, patógenos foliares y radicales. Además, la mesofauna del suelo tiene gran trascendencia sobre la actividad micorrízica, sobresaliendo, los colémbolos, nemátodos, ácaros, arácnidos y oligoquetos. (Harley y Smith, 1983; Le Tacon, 1985).

La concentración de los fertilizantes en el suelo de los agroecosistemas, así como la de otros agroquímicos, son factores que pueden favorecer a endófitos específicos, cambiar la composición de las especies y la densidad de la población de los hongos micorrízicos arbusculares (Hayman, 1982). La población de hongos micorrízicos arbusculares en áreas de cultivo, es afectada por la diversidad de suelos, plantas y factores medioambientales, su ecosistema natural, además de las diferentes prácticas agrícolas y hortícolas, por ejemplo: la labranza, el barbecho y las rastras que reducen drásticamente el número de esporocarpos de HMA en los suelos de cultivo (Kessler y Blank, 1972). En suelos cultivados, la población de esporas de HMA son bajas, probablemente, debido a fertilizantes y algunos otros agroquímicos (Hayman, 1982). Por ejemplo, la mayor parte de los insecticidas producen un decremento en la población de plantas micorrizadas (Kruckelmann, 1975).

Las raíces colonizadas, por lo general, son más abundantes en las hortalizas y plantaciones de cultivos perennes o semiperennes, que en los campos sembrados anualmente, en los cuales es más abundante la presencia de micorrizas esporuladas, las cuales desarrollan estructuras de resistencia (las esporas), con el fin de sobrevivir al período de barbecho durante un cultivo y el siguiente. (Hayman *et al.* 1975).

Las Micorrizas Arbusculares están ausentes o sólo de manera muy incipiente en algunas familias, como son: Amaranthaceae, Brassicaceae, Cruciferae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Commelinaceae, Cyperaceae, Lecythidaceae, Portulacaceae, Polygonaceae, Juncaceae, Proteaceae, Restionaceae, Sapotaceae y Zygophyllaceae. Sin embargo, algunos géneros y especies de estas familias son micorrízicos y, por otro lado, dentro de algunas familias en las que todos sus representantes son micotróficos, hay algunos géneros no micorrízicos como en la familia



Leguminosae, generalmente micotrófica, el género *Lupinus* no lo es, aún cuando sus raíces se encuentren entremezcladas con raíces colonizadas de otras plantas. (Gerdemann, 1968)

### 1.6.1. Clasificación Taxonómica de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

En 1809 Link, describe el género *Endogone*. En 1845 Tulasne y Tulasne el género *Glomus* y establecen dos especies *macrocarpus* y *microcarpus*. Thaxter, en 1922, fue el primero en realizar una monografía de la familia Endogonaceae, donde incluye *Endogone*, *Glaziella*, *Sclerocystis* y *Sphorocreas*. Mosse y Bowen, (1968a), publican una clave para la identificación taxonómica de esporas del tipo *Endogone*. Gerdemann y Trappe, (1974) realizan la primera revisión de la familia Endogonaceae, presentando los géneros; *Glomus*, *Endogone*, *Modicella* y *Sclerocystis*, y describen los géneros *Acaulospora* y *Gigaspora*, dando un total de 43 especies, ubicándolas en el orden Mucorales y en la clase de los Zygomycetes (Mosse, 1953; Gerdemann y Trappe, 1975; Schenck y Pérez, 1987 y 1990). Por otro lado, Ames y Schneider, (1979) encontraron un nuevo género al que denominaron *Entrophospora*. Walker y Sanders, (1986) hacen la separación de los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora*. Schenck, y Pérez, (1987) realizan una compilación y presentan seis géneros formadores de micorriza vesículo-arbuscular con un total de 122 especies.

En (1990), Morton y Benny proponen el nombre de Micorriza Arbuscular, considerando 126 especies, y proponen el siguiente arreglo taxonómico:

Orden: *Glomales* (Morton y Benny)

Suborden: *Glomineae* (Morton y Benny)

Familia: *Glomaceae* (Pirozynski y Dalpé)

Género: *Glomus* (Tulasne y Tulasne)

Género: *Sclerocystis* (Berkeley y Broome; Almeida y Schenck)

Familia: *Acaulosporaceae* (Morton y Benny)

Género: *Acaulospora* (Gerdemann y Trappe; Berch)

Género: *Entrophospora* (Ames y Schneider)

Suborden: *Gigasporineae* (Morton y Benny)

Familia: *Gigasporaceae* (Morton y Benny)

Género: *Gigaspora* (Gerdemann y Trappe; Walker y Sanders)

Género *Scutellospora* (Walker y Sanders)

Recientemente, Schubler *et al.* (2001), propusieron una nueva estructura taxonómica para los hongos micorrízicoa arbusculares, hasta ahora incluidos en los Zygomycota (Phylum Polifilético), y de los hongos relacionados a estos a los que denomina Glomeromycota (Phylum Monofilético) basada en sus secuencias genéticas moleculares. Según éste autor, Glomeromycota tiene 4 ordenes (Glomerales, Diversisporales, Archaeosporales y Paraglomerales), incluyen a muchos de los clásicos HMA, y que aún permanecen en el orden Glomerales. La familia Glomeraceae, del orden Glomerales, se divide en dos géneros: *Glomus* – grupo A y *Glomus* – grupo B. En el orden Diversisporales, se encuentran las familias Gigasporaceae y Acaulosporaceae. Los géneros: *Acaulospora* y *Entrophospora* quedan dentro de la familia Acaulosporaceae y, finalmente, los géneros: *Gigaspora* y *Scutellospora* queda dentro de la familia Gigasporaceae.

### 1.6.2 Identificación de las esporas

Para realizar el trabajo taxonómico de los Glomerales, se toman en cuenta las características morfología de las esporas, como son: tamaño, forma, color, estructura basal, modo de germinación, ornamentación y la estructura de la pared. Es decir, tipo, número y orden de las capas que las recubren (Rosendahl, *et al.* 1994).

**1. Talla y forma.** Generalmente, las esporas son esféricas u ovaladas; su talla puede ser, en algunas especies, de 50 micrómetros o menos de diámetro; en *Glomus microcarpus* de 100 a 200 micrómetros o más; en *Glomus mosseae*, *Gigaspora calospora* y *Glomus caledonius* de 200; de 400 micrómetros en *Gigaspora margarita*, llegando hasta cerca de 1 mm en algunas especies de este género.

**2. Color.** Entre los colores más comunes se encuentran: el gris, así como diferentes tonalidades de blancos, amarillos, naranjas, rojos, pardos, verdes, y ámbar.

**3. La unión de las esporas a la hifa** puede ser: simple (*Glomus* y *Sclerocystis*), bulbosa (*Gigaspora*) o ausente (*Acaulospora*).

**4. Estructura citoplasmática.** Puede ser de dos categorías: la reticulada (red de citoplasma que envuelve pequeñas vacuolas), y la vacuolada (cuando el citoplasma contiene grandes vacuolas amarillas) como en *Glomus mosseae* (Mosse y Bowen 1968 a).

**5. Grosor de la pared.** Generalmente, poseen una capa fina, exterior, blanca, y una gruesa quitinosa, frágil, en el interior de la pared; por ejemplo, *Glomus mosseae* y *Glomus fasciculatum*, tienen una pared simple (Walker, 1986). Los tipos reticulados, generalmente, tienen la pared delgada, blanca y membranosa (Gerdemann y Trappe, 1974).

**6. Modo de germinación.** En el tipo vacuolar, generalmente se forma un tubo de germinación que emerge a través de una hifa principal. Mientras que en el tipo reticular, se pueden formar diferentes tubos de germinación que emergen a través del costado de la espora, (Mosse y Bowen 1968 b).

**7. Esporas secundarias o células auxiliares.** Estas son pequeñas, lisas o espinosas; se forman aisladas o en racimos, o arregladas en espiral consideradas, algunas veces, vesículas externas o células auxiliares.

**8. Esporocarpos.** Son estructuras en las que se generan y alojan las esporas; son formados por algunas especies; en *Glomus mosseae* alcanzan dimensiones un poco menores a 1 mm de diámetro, con una pared externa formada por hifas entrelazadas y flojas, encerrando de 3 a 12 clamidosporas irregularmente arregladas. En algunas regiones templadas y tropicales pueden llegar a medir hasta 1 cm o más de diámetro, y pueden contener hasta 100 esporas embebidas en una matriz. *Sclerocystis rubiformis*, posee esporocarpos pequeños (que miden alrededor de 300 a 500 micrómetros) carentes de pared exterior, sus esporas están arregladas a manera de un fruto de frambuesa.

### 1.6.3 Aspectos generales sobre el proceso de colonización

**A. Propágulos y germinación.** Las esporas, las hifas del hongo en el suelo (micelio externo) y los fragmentos de raíz colonizada con estructuras fungales constituyen el inóculo (propágulos), a través del cual los hongos pueden empezar la colonización de la raíz de una planta hospedera (Bowen, 1987; y Sieverding, 1991). Los HMA producen esporas resistentes a partir del micelio externo, éstas pueden formarse de la tercera a la cuarta semanas; o bien, en algunas especies, hasta 6 meses después de iniciada la colonización de la raíz. La esporulación del hongo es un proceso dinámico,

ya que mientras algunas esporas se forman, otras pueden estar germinando y colonizando otras raíces. Las esporas pueden sobrevivir por varios años en el suelo, en cambio la capacidad colonizadora del micelio es de 2 a 4 semanas, aproximadamente (Sieverding, 1991; Abbott, 1994).

La germinación de las esporas se puede lograr, con cierta facilidad, utilizando cultivos axénicos en el laboratorio, simplemente en agar-agua, de lo cual se deduce que no requiere ningún estímulo específico, producido por la planta u otros organismos del suelo para que se desencadene; aunque puede ser estimulada por diversos factores, como pueden ser: la concentración de los nutrimentos, temperatura, luz, los sustratos orgánicos, la humedad, exudados de las raíces, pH, etc., (Daniels and Trappe, 1980; y Koske, 1981). De acuerdo con Siqueira (1987), el punto clave del inicio de la germinación implicaría la activación de proteasas de las membranas, cuando la espora absorbe agua y aumenta su volumen hasta un 40%.

**B. Inicio de la colonización.** Bonfante (1984), observó que durante el proceso de colonización, la parte apical del tubo de germinación de la espora, llamada hifa de penetración, se reduce considerablemente de tamaño al penetrar la pared celular y, después, recupera el diámetro que tenía antes del adelgazamiento. Se ha mencionado que la presión ejercida por el hongo sobre la pared celular hace que ésta se comprima y reduzca su grosor durante la penetración mecánica (Harley y Smith, 1983). La hifa invasora alcanza la corteza media a través de los espacios intercelulares o por paso de célula a célula y, una vez allí, se ramifica y crece longitudinalmente, dilatando los espacios intercelulares (Scannerini y Bonfante, 1983). Cuando el hongo alcanza la corteza interna, continúa desarrollándose longitudinalmente y emite frecuentes ramificaciones laterales, algunas de las cuales penetran intracelularmente para dar lugar a los arbuscúlos, mediante una ramificación dicotómica repetida (Carling y Brown, 1982).

El plasmalema de la célula hospedera se invagina y crece alrededor de todas las hifas intracelulares, tanto en el caso de que éstas simplemente lo atraviesen, cuando formen "ovillos", o se ramifiquen para dar lugar a los arbuscúlos. Entre el plasmalema del hospedero y la pared del hongo se desarrolla una interfase, en la que se acumulan vesículas membranosas y unos depósitos de material constituidos por fibrillas dispersas de polisacáridos (Dexheimer *et al.* 1979).

El arbuscúlo es la conexión más activa entre el hongo y la planta que incrementa la actividad metabólica de la célula del hospedero debido principalmente, a la transferencia bidireccional de metabolitos y nutrimentos de la planta al hongo y viceversa (Bonfante *et al.* 1987).

**C. Estadios del desarrollo de la colonización.** En la colonización de la raíz se distinguen tres fases: (1) inicial o fase Lag; (2) Exponencial, durante la cual el hongo se extiende rápidamente en la raíz y (3) la meseta, en la cual el hongo y la raíz crecen al mismo tiempo. La especie de la planta hospedera y del hongo, las condiciones fisicoquímicas del suelo, así como el resultado de la absorción de nutrimentos por la planta, influyen en la duración de la fase Lag. (Bowen, 1987). Durante la fase Exponencial y de meseta, los arbuscúlos y las vesículas se forman y degradan continuamente (Sieverding, 1991).

#### **1.6.4 Aspectos generales de la morfología de la colonización**

**A. Cambios en la estructura del hongo durante la colonización.** La pared de las esporas generalmente mide entre 12-15 micrómetros y posee un elevado contenido en quitina (casi un tercio de su biomasa), sólo una pequeña fracción contiene aminoazúcares. La quitina en las esporas de los hongos VA, está integrada en fibrillas que se organizan en diferentes modelos tridimensionales (Bonfante *et al.* 1986).

Cuando las esporas germinan, las hifas que se originan tienen paredes gruesas con estructura compleja, donde la quitina sigue siendo un componente fundamental. Una vez dentro de la raíz, las hifas intracelulares, no ramificadas, de las capas externas tienen una estructura de pared de tipo fibrilar. Sin embargo, en las ramas finas de los arbuscúlos las paredes son mucho más delgadas (50 nm) y pierden su estructura fibrilar, tomando una amorfa.

Las observaciones de Grandmaison *et al.* (1988), confirman una simplificación estructural del hongo, al disminuir la formación de quitina, cuando ésta pasa de un estado de preservación y resistencia mecánica (espora) a otro relacionado con procesos de transferencia de nutrimentos (arbuscúlos).

**B. Respuesta de la planta a la colonización a nivel celular.** (Fusconi *et al.* 1986), encontraron que la micorrización detiene la actividad meristemática, en la raíz de la planta colonizada, decreciendo el índice mitótico medio y formando, consecuentemente, un tejido parenquimatoso en los ápices radicales.



Según (Alexander *et al.* 1988) en el caso de los arbusculos, las células más profundas de la corteza muestran un aumento en el volumen del citoplasma y un incremento en la superficie del plasmalema.

A veces se ha observado que el núcleo es poliploide y el aparato de Golgi hiperactivo. Ello implica un incremento en el nivel de actividad metabólica celular. La vacuola se fragmenta en numerosas vacuolas pequeñas, duplicándose la superficie del tonoplasto y desapareciendo los gránulos de almidón (Nemec, 1981).

Se cree que el hongo induce alteraciones en la textura de la pared, al penetrar en las células corticales. El desarrollo intracelular del hongo no evita que la pared ejerza una función defensiva en contra de patógenos. Las relaciones hongo-planta, a nivel celular, parecen totalmente compatibles. Esto se apoya en el hecho de que alrededor del hongo que penetra la pared y coloniza a la célula, no se depositan callosidades ni compuestos fenólicos (Bonfante *et al.* 1988).

**C. Transporte de fosfato y carbohidratos.** El transporte de fósforo P en una planta con Micorriza Arbuscular se lleva a cabo por tres procesos generales que son: (1) absorción a partir del suelo; (2) translocación a través de las hifas y (3) transferencia al hospedero. Siendo las dos últimas las más estudiadas.

La cantidad de ortofosfato presente en el micelio interno de hongos micorrízicos arbusculares, aislados a partir de raíces, dá un gradiente de concentración suelo-célula de, por lo menos, 1/1000 (Gianinazzi y Gianinazzi, 1986). Por lo que se pensó que debía existir un mecanismo activo a nivel del plasmalema del hongo.

En cuanto a la traslocación a través de las hifas, se sugiere que ésta se lleva a cabo mediante corrientes citoplasmáticas rápidas, en donde se utiliza del 16 al 40% del fósforo total captado por el hongo (Capaccio y Callow, 1982).

Strullu *et al.* (1981), encontraron que el fósforo, al penetrar a la hifa, es rápidamente convertido en polifosfato osmóticamente inactivo, lo que evita que interfiera con el metabolismo celular mediante la vacuolación compartimentada. Estudios bioquímicos sobre la transferencia han demostrado que los hongos arbusculares cuentan con las enzimas necesarias para la síntesis y degradación de polifosfato (Capaccio y Callow, 1982).

Capaccio y Callow (1982) indican que existe una enzima llamada polifosfatasa, la cual está presente solamente en el micelio interno, y que los gránulos de polifosfato desaparecen de las vacuolas en las ramas finas del arbusculo. Strullu *et al.* (1981), sugieren que la descarga de polifosfatos del hongo ocurre dentro de las células del hospedero, y que la transferencia de fosfatos, del hongo a la planta micorrizada está acoplada, de alguna manera, a la transferencia de carbohidratos del hospedero al hongo (Harley y Smith, 1983). Es muy probable que el sitio preferencial para la transferencia de fosfatos del hongo a la planta, sea a través de la interfase viva en los arbusculos intracelulares y que, el fosfato liberado por el hongo a la matriz interfacial, sea transportado activamente a través de la membrana de la célula hospedante (Smith y Smith, 1986).

### 1.6.5 Absorción del fósforo

La concentración de fósforo en la solución del suelo es, en general, muy pequeña siendo especialmente pobres en éste elemento (en forma disponible) los suelos tropicales Calcimagnésicos, los Andosoles y los Phaeozems (Palacios *et al.* 1986 y 1987).

Los hongos arbusculares, por medio de sus hifas externas que se desarrollan a partir de una raíz colonizada, pueden absorber fosfato soluble y transportarlo a través de distancias relativamente largas, hasta los tejidos de la raíz de la planta hospedera (Sieverding, 1983; Smith *et al.* 1994).

En el exterior de la raíz, el micelio de la micorriza arbuscular crece mucho más allá de la zona de agotamiento (suelo en contacto con la raíz) incrementando el volumen del suelo por explorar; por tanto, ésta simbiosis proporciona una mayor capacidad de las raíces para absorber fosfatos y otros iones poco móviles en el suelo. (Harley y Smith, 1983; Sylvia, 1992).

Hayman, (1983) indica que, durante la simbiosis, se llevan a cabo los siguientes efectos fisiológicos en las plantas: (1) las raíces se mantienen funcionalmente por más tiempo, (2) las raíces micorrizadas pueden absorber más fósforo del suelo, cuando este elemento se encuentra en concentraciones muy bajas y que no puede ser absorbido por las no micorrizadas, y (3) las raíces micorrizadas contienen más energía metabólica que les permite absorber fósforo contra un gradiente de concentración ( $10^{-6}$  a  $10^{-7}$  M en la solución del suelo, vs  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  M en la raíz).

La mayor transferencia de P, desde el hongo hasta la planta, ocurre dentro de las células de la raíz donde se hacen presentes los arbusculos (Alexander *et al.*, 1988); sin embargo, las hifas internas en

la raíz, también descargan el fósforo en ésta. La transferencia del fósforo del hongo al hospedero, tiene lugar con un proceso de intercambio con metabolitos de compuestos de carbono del hospedero al hongo. (Smith y Smith, 1986). En relación a las fuentes de fósforo, se sabe que las plantas micorrizadas pueden usar la roca fosfórica más eficientemente que las plantas sin micorriza (Azcón y Barea, 1980; Sieverding y Gálvez, 1988).

#### 1.6.6 Absorción del nitrógeno y otros nutrimentos

En diversos experimentos se han puesto de manifiesto incrementos en la concentración de N en las plantas, como consecuencia de la formación de las Micorrizas (Harley y Smith, 1983). En un ensayo, en condiciones controladas, se puso de manifiesto la traslocación y la transferencia de N a la planta procedente de  $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$  marcado (Ames *et al.* 1983).

Por otra parte, en condiciones naturales, y utilizando  $\text{N}^{15}$ , se confirmó la capacidad de la MA para incrementar la captación de N en las plantas, a partir del suelo. (Le Tacon, 1985; Sieverding, 1991). Hay evidencias de que el nitrógeno inorgánico es tomado como amonio por las hifas de los hongos micorrízicos, y transportado desde el suelo hasta la raíz del hospedero (Ames *et al.* 1983).

Algunos trabajos experimentales sugieren que, en suelos deficientes en K, las hifas pueden transportarlo a la planta (Sieverding y Toro, 1988).

En general, los efectos directos de la simbiosis sobre la nutrición mineral están limitados a aquellos nutrimentos que son poco móviles y que están presentes, en bajas concentraciones en la solución del suelo, como es el caso del: P,  $\text{NH}_4$ , K, Zn y Cu, (Marschner y Dell, 1994).

Se han detectado, también, incrementos en la concentración de bromuros, cloruros y el conjunto total de aniones, como respuesta a las micorrizas (Buwalda *et al.* 1983).

Los micronutrimentos como: el zinc, cobre, azufre, boro, molibdeno, son tomados activamente por las hifas de los hongos y transportados a la planta hospedera. Sin embargo, otros micronutrimentos esenciales para las plantas como el fierro, manganeso y el cloro, se encuentran en altas concentraciones, tanto en plantas micorrizadas como en plantas no micorrizadas (Sieverding, 1991).

Otros autores consideran que la micorriza arbuscular puede proveer a la planta hospedera de: 80% de P, 25% de N, 10% de K y 60% de Zn y Cu (Marschner y Dell, 1994).



### 1.6.7 Aumento de la resistencia al estrés hídrico

En diversos estudios, se ha puesto de manifiesto que la MA mejora las relaciones hídricas de plantas crecidas en condiciones mésicas, e incrementan la resistencia al estrés hídrico. (Cooper, 1984). Se ha observado un incremento en la absorción del agua, en *Glycine max* (soya) inoculada con *Glomus fasciculatum*; ya que pudo incrementar la tolerancia a la sequía (Busse y Ellis, 1985).

Hardie y Leyton, (1981), observaron que *Trifolium sp* micorrizado con *Glomus mosseae*, incrementa su conductividad radical y su transpiración cuando existe suficiente agua. Además, que las plántulas inoculadas pudieron extraer más agua del suelo a menor potencial, y se recuperaron más rápidamente del estrés hídrico, que las no micorrizadas. Asimismo, se ha notado que la planta *Arachis hypogaea* inoculadas con *Glomus fasciculatum* en suelos esterilizados y con bajo contenido de P, tuvieron mayor capacidad para rehidratarse, después de 54 horas de sequía, en relación a los testigos (Krishna y Bagyaraj, 1985).

Se ha observado que la MA decrece la resistencia a la conductibilidad hidráulica, con efectos positivos sobre las fitohormonas y en la regulación estomática produciendo, además, una mayor ramificación del sistema radical (Nelson, 1987; Kothari *et al.* 1990).

### 1.6.8 Efectos de la (MA) en sistemas agrícolas

La micorriza arbuscular se encuentra presente en más del 70% de las plantas comestibles, forrajeras y forestales, que crecen tanto en el trópico como en el subtrópico (Sieverding, 1991). Estimula el enraizamiento, da protección a las plántulas y estacas durante el trasplante, y ayuda al crecimiento de las plantas. Además, deprime la penetración y el crecimiento de patógenos fúngicos y fito parásitos radicales (Barrow y Roncadori, 1977).

Se ha considerado que la MA puede originar un mayor contenido de clorofila A y B; ya que la tasa fotosintética es normalmente mayor en plantas micorrizadas. Esto es debido, a que el fosfato está implicado directamente en la regulación de la fotosíntesis (Kormanik *et al.* 1980)

La inoculación de *Trifolium repens* con hongos micorrízicos arbuscular, ha producido incrementos en la producción de biomasa, de 0 a 300% (Hayman y Mosse 1975).

La inoculación de maíz y trigo con *Glomus mosseae*, trasplantado a campos con baja fertilidad, permitió obtener el doble de incremento que en cultivos fertilizados con 50 K/ha de fósforo (Khan, 1975).

Ross y Harper (1970), al inocular *Glycine max*, (soya) con hongos micorrízicos, cultivada en el campo, en suelos fumigados, obtuvieron mayor biomasa, rendimiento, contenido de proteínas y aceites en la semilla, y una mayor concentración de N, P, Ca, Cu, y Mn en la parte aérea. Pacovsky *et al.* (1986), asimismo encontraron en la misma especie de planta cultivada en suelos con alto contenido de Mn, que la micorrización induce una menor asimilación y proporciona protección contra la toxicidad por este elemento.

Palacios *et al.* (1986), observaron que en suelos con un contenido bajo de fósforo asimilable (2.2-7.2 ppm), y una alta capacidad de retención de este elemento, la cebolla (*Allium cepa* L.), inoculada con *Glomus fasciculatum* incrementó su crecimiento y la absorción de fósforo. Los incrementos fueron altamente significativos en peso fresco y seco del bulbo, de 182% y 125%, respectivamente, y en 96% en el fósforo total del follaje (en materia seca). Asimismo, Palacios *et al.* (1987), en los mismo suelos pero sin esterilizar, inocularon cebolla variedad "Cojumatlán" con *G. mosseae*, *G. fasciculatum* y *Gigaspora margarita* obteniendo incrementos en el peso seco de los bulbos de 216, 158 y 96%, respectivamente. En ensayos de campo, con esta misma planta en suelos Calcimagnésicos muy pobres en fósforo disponible, la cepa introducida (*G. fasciculatum*) fue más efectiva que las nativas, en donde los resultados más altos, tanto en el tamaño del bulbo como en el peso fresco total, correspondieron a los tratamientos inoculados y adicionados de N (Palacios *et al.* 1994).

Torres Barragán (1993), encontró que la micorriza arbuscular, proporciona a plantas de cebolla, protección contra el ataque del hongo *Sclerotium cepivorum* Berk. Dicha protección se prolonga por más tiempo, si se aplica al mismo tiempo, un funguicida contra el hongo patógeno.

Se ha encontrado en cultivos de maíz, con suelos de baja fertilidad (Andisoles) que la composta de estiércol produce muy altos rendimientos en combinación con inóculo micorrízico, siendo éstos rendimientos el doble de los producidos por otros fertilizantes, como el Superfosfato simple, lo cual demuestra que el proceso de mineralización de la composta influye en el buen funcionamiento y desarrollo de la asociación micorrízica, (Martínez G. M. *et al.* 2000).

### **1.6.9 La necesidad de la aplicación y manejo de los HMA en los agroecosistemas**

Aproximadamente, el 43% de los suelos tropicales presentan insuficiencia en N, P, K, Ca, Zn y B para la nutrición vegetal, toxicidad por aluminio y manganeso, así como una alta capacidad para la fijación o retención de fósforo (Hardy, 1970). La existencia de estos factores ambientales, pueden ser causa de estrés de la mayoría de los cultivos. Tales factores hacen resaltar, aun más, la importancia de los HMA como atenuadores de tales problemas. El papel de los HMA se manifiesta en una estimulación significativa del crecimiento en casi todas las plantas de cultivo de importancia alimentaria, forrajera, industrial, hortícola y frutícola; en plantas de vivero e inclusive en especies forestales (Sieverding, 1991).

El manejo eficaz de estos hongos puede propiciar una disminución en el uso de agroquímicos. Es factible el aprovechamiento de las poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares nativos, utilizando especies vegetales más susceptibles a micorrizarse; ya que ciertas especies de plantas pueden alcanzar diferente grado de colonización y efectos diversos con los distintos endófitos (Sutton, 1973).

La manipulación de las poblaciones de HMA nativos junto con las prácticas agronómicas pueden mejorar la fertilidad del suelo, por ejemplo: (1) La rotación de cultivos y la asociación de especies compatibles; (2) ciertas prácticas de siembra como la labranza mínima y el control físico de las malezas (acolchados, abonos verdes); (3) aplicaciones racionales de abonos orgánicos e inorgánicos; control biológico de plagas y enfermedades. Además, la selección y aislamiento de los endófitos nativos es fundamental para la búsqueda de una combinación óptima (Hayman, 1981; Sieverding, 1991).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

## 5.1 Localización del área de estudio

Los suelos utilizados en el presente estudio, fueron recolectados en la localidad de Santa Catarina, Municipio de Tepoztlán, estado de Morelos, el cual se ubica geográficamente entre los paralelos  $18^{\circ} 59'$  de latitud norte y los  $90^{\circ} 05'$  longitud oeste del meridiano de Greenwich, a un altura de 1,701 m sobre el nivel del mar.



figura 1. El punto en el mapa indica la ubicación de Santa Catarina, en la localidad de Tepoztlán, estado de Morelos.

## 5.2 Características edáficas de los suelos objeto de éste estudio

El suelo usado para éste experimento, se clasifica como Phaezem háplico; dicho término se deriva del griego, phaeo: pardo y del ruso zemljá: tierra, literalmente, tierra parda. Estos suelos se encuentran en condiciones climáticas que van desde zonas semiáridas hasta templadas o tropicales muy lluviosas, es decir, en diversos tipos de relieves, desde planos hasta montañosos. Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales. Su característica principal es el presentar el horizonte A menos desarrollado que el horizonte B, su capa superficial es oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrimentos. El horizonte B, presenta estructuras poliédricas acusadas; arcillas formadas por una mezcla de illitas y montmorillonitas; éstas últimas son las más finas y móviles: con frecuencia estas arcillas arrastran mecánicamente una parte del humus que esta ligado a ellas, dando lugar a revestimientos grises (ISSS/ ISRIC/ FAO, 1994)

Los Phaeozems son suelos abundantes en nuestro país y con usos variados, en función del clima, relieve y algunas condiciones del suelo. Muchos Phaeozems profundos, situados en terrenos planos, se utilizan en agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1984).

Existen varias subclases del suelo Phaezem, las cuales dependen del grado de fertilidad que presente y de sus características edáficas, como son: P.Luvico, P.Gleyico, P.Calcárico y P.Háplico.



### 5.3 Diseño Experimental

Este se estableció en dos etapas.

#### 5.3.1 Primera etapa experimental

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero con base en un diseño de 9 tratamientos:

1. Testigo; sin hongos micorrízicos arbusculares nativos (**T**).
2. Con inóculo de hongos micorrízicos arbusculares nativos (**Mn**).
3. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**Mi**).
4. Fertilizante químico (**q**) 140-80-00 (NPK)
5. Composta (**c**) 5% del volumen total del cono (es decir: 2.5 g).
6. Composta + fertilizante químico (**cq**).
7. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido + fertilizante químico (**qMi**).
8. Composta + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cMi**).
9. Composta + fertilizante químico + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cqMi**).

\*Cada tratamiento con 15 repeticiones.

En los tratamientos con suelo esterilizado, posteriormente, se adicionó extracto bacteriano (5 ml/almácigo) preparado a partir de una suspensión suelo original/ agua destilada 1:1 y filtrado con papel Whatman (de poro fino, No. 40) para detener los propágulos fúngicos.

El experimento se montó en 4 charolas de almácigo, con 72 conos cada una; los cuales tienen una capacidad de 50 g de suelo. La distribución de los tratamientos fue completamente al azar, dejando una hilera libre de conos entre tratamientos. Finalmente, en cada cono se sembraron 3 plantas, las cuales se dejaron desarrollar en 30 días. Para el análisis de los resultados de esta primera etapa, se tomaron 5 repeticiones al azar por tratamiento. Las variables a estudiar fueron las siguientes:

- a) Peso fresco del bulbo y del follaje,
- b) Peso seco del bulbo y del follaje
- c) Porcentaje de colonización en las raíces de las plantas

Las 10 repeticiones de cada tratamiento, que no se analizaron en esta primera etapa, se transplantaron a macetas para una segunda etapa experimental.

### 5.3.2 Segunda etapa experimental

En esta etapa, el trasplante se realizó de la siguiente manera: a partir de las 10 repeticiones de cada tratamiento, se tomaron 5 al azar para transplantarse en macetas con suelo esterilizado; mientras que las 5 restantes fueron transplantadas en macetas con suelo sin esterilizar que contenía propágulos de hongos micorrízicos arbusculares nativos; se cuantificó un promedio de 7 esporas de hongos nativos por g de suelo. Al igual que en la primera etapa, en los suelos esterilizados se repuso la flora bacteriana, agregando un extracto de suelo libre de propágulos fúngicos.

Las plantas se transplantaron a macetas de 3.5 Kg, las cuales se colocaron en el invernadero de acuerdo a un arreglo completamente al azar, separadas por 20 cm entre cada una de ellas, para evitar competencia de luz. Estas macetas fueron cambiadas de lugar cada 5 días, para evitar el efecto de sitio en el invernadero.

Tanto la fertilización química como la aplicación de composta, fue en las mismas proporciones que para los almácigos, (primera etapa experimental), teniendo una duración total de esta segunda etapa (en macetas) de dos meses y medio. Finalmente, en ésta segunda etapa experimental se montaron 18 tratamientos, los cuales se muestran a continuación:

#### Para suelo esterilizado

1. Testigo; sin hongos micorrízicos arbusculares nativos (**T**).
2. Con inóculo de hongos micorrízicos arbusculares nativos (**Mn**).
3. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**Mi**).
4. Fertilizante químico (**q**).
5. Composta (**c**) 5% del volumen total de la maceta (es decir 0.175g)
6. Composta + fertilizante químico (**cq**).
7. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido + químico (**qMi**).
8. Composta + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cMi**).
9. Composta + fertilizante químico + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cqMi**).

\*Cada tratamiento con 5 repeticiones.

### **Para suelo sin esterilizar**

Todos éstos tratamientos contenían, además, propágulos de los hongos micorrízicos arbusculares nativos (mn) provenientes del suelo original.

1. Testigo; sin hongos micorrízicos arbusculares nativos (**T+mn**).
2. Con inóculo de hongos micorrízicos arbusculares nativos (**Mn+mn**).
3. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**Mi+mn**).
4. Fertilizante químico (**q+mn**).
5. Composta (**c+mn**).
6. Composta + fertilizante químico (**cq+mn**).
7. Con inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido + fertilizante químico (**qMi+mn**).
8. Composta + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cMi+mn**).
9. Composta + fertilizante químico + inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido (**cqMi+mn**).

\*Cada tratamiento con 5 repeticiones.

### **5.3.3 Muestreo y procesamiento del suelo**

Se seleccionó un área hortícola en Santa Catarina, estado de Morelos, dentro de una misma unidad edáfica, donde se recolectaron 15 muestras de suelo, de la capa arable, en forma de zig-zag y se preparó, en cada punto, una muestra compuesta de aproximadamente 20 Kg c/u. El muestreo se hizo antes del período de lluvias (principios de mayo), poco antes de la realización en ése terreno del nuevo ciclo del cultivo.

Las 15 muestras de suelo fueron homogeneizadas y tamizadas en el invernadero del Instituto de Geología, para ser utilizadas una parte para almácigos, macetas y extracción de inóculo. Es importante señalar que los suelos utilizados para el análisis biológico no fueron secados, pero si tamizados e inmediatamente almacenados en el refrigerador a 4°C con el fin de conservar su microbiota. El suelo destinado a los almácigos y a las macetas, fue esterilizado a 15 libras de presión durante 15 minutos, tres veces, una cada tercer día, con el propósito de eliminar los propágulos de HMA nativos.

### 5.3.4 Procedencia y preparación de la Composta

La composta utilizada procedió de la planta de composteo de Ciudad Universitaria a cargo del Biólogo, Javier Montoya. Dicha composta es investigada actualmente, mediante varios proyectos del M. en C. Sergio Palacios Mayorga, responsable del Laboratorio de Microbiología de suelos y Aguas del Departamento de Edafología del Instituto de Geología y director de ésta tesis.

La composta se elaboró a partir de la tala de 4 Eucaliptos *Tereticornis sp. L.* procedentes del mantenimiento de áreas verdes de Ciudad Universitaria, siguiéndose los siguientes pasos:

- 1) Las hojarascas y ramas se pasaron por una trituradora de martillo.
- 2) Se aplicó como inóculo 1% de composta madura de Eucalipto.
- 3) El material triturado, se composteó en 3 tanques de 1 m<sup>3</sup> cada uno. Cada 15 días, el material era revuelto con el agua necesaria para mantener la humedad en un 60% de la capacidad de campo.
- 4) Se monitoreó la temperatura diariamente, hasta que el proceso alcanzó una temperatura constante; lo que indicó la estabilización del composteo y el inicio de la maduración de la composta.
- 5) La duración del proceso de volteo duró aproximadamente un año
- 6) La composta se dejó madurar en reposo durante 4 meses más.

Para su utilización, 5 Kg de esta composta fueron cernidos y tamizados a través de una malla de 2.0 mm de diámetro y, posteriormente homogeneizados. Con 2.5 g de este tamizado se llenaron los conos de los almácigos del tratamiento con composta, y a las macetas con tratamiento de composta, se les adicionaron 175g por maceta; es decir, el equivalente a 5% del volumen del cono y la maceta.

### 5.3.5 Fertilización química aplicada

Esta aplicación fue realizada en forma de solución, correspondiente a la fórmula (140-80-00); recomendada por la SAGARPA para esta región y para el cultivo de cebolla.

Como fertilizante nitrogenado se utilizó la urea (46% N) y para el fósforo, se aplicó superfosfato de calcio triple (42% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). La fertilización se aplicó en dos partes, la primera a los diez días después de la emergencia de las plántulas y, la segunda, a los 15 días posteriores a la primera

aplicación. La cantidad de fertilizante para los almácigos fue de 10 ml por cono, únicamente para los tratamientos fertilizados, y de 500 ml para las macetas.

### **5.3.6 Procedencia del inóculo micorrízico arbuscular introducido**

El inóculo obtenido procede de un aislado de *Glomus mosseae* donado por la Dra. Barbara Mosse de la estación experimental de Rothamsted Inglaterra, el cual ahora forma parte de la colección del Laboratorio de Microbiología de Suelos (del Depto. de Edafología, Instituto de Geología, UNAM); propagado desde los últimos 15 años en pasto Rhodes grass (*Choloris gayana* L), como planta hospedadora, y suelo procedente del área de estudio. La edad de dicha gramínea, proveedora del inóculo, era de 9.5 meses.

El inóculo presentaba esporas esféricas, amarillas y translúcidas en cuyo interior se observaban vacuolas lipídicas. La hifa de sujeción era transparente, pero en la unión de la hifa y la espora se observaba un color marrón; El hongo *Glomus mosseae*, por las características de sus esporas, se le ha denominado "Yellow vacuolate".

#### **5.3.6.1 Extracción del inóculo**

1. El material de extracción, constó de suelo con raíces de pasto, colocado en un recipiente con agua de la llave para disolver el suelo y sus agregados; en algunos casos, se usó un agitador magnético. La suspensión se colocó en una columna de tamices en orden decreciente (No. de malla: 40, 50, 100 y 200), continuando el lavado hasta el paso de todo el material por la columna. En el último tamiz (200 mallas), se recolectó el inóculo. A ésta técnica se le conoce como tamizado y decantado en húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963).
2. Posteriormente, se desinfectó el inóculo concentrado durante 15 minutos en una solución de Cloramina T al 2% (p/v) y 200 ppm de sulfato de estreptomycin más trazas de detergente (Mosse y Phillips, 1971).
3. Finalmente, se lavó el inóculo sobre el tamiz de malla 300, hasta eliminarse la solución desinfectante, se colocó en un recipiente desinfectado y muy bien cerrado (con el menor grado de humedad posible), para después almacenarse en el refrigerador a 4°C para su uso posterior.

La extracción del inóculo del hongo micorrízico nativo se realizó de la misma manera que la anterior; a partir de 500 g de una muestra con suelo procedente de los 15 muestreos que se hicieron en el campo. Además, se hizo un concentrado de esporas, mediante centrifugados y lavados con el fin de obtener el mayor número de esporas viables, tratando de igualar la cantidad de esporas en ambos inóculos (es decir, del hongo introducido y de la población de HMA nativos).

### **5.3.7 PRIMERA ETAPA EXPERIMENTAL**

#### **5.3.7.1 Aplicación del inóculo a los lotes experimentales**

Al inicio del experimento, se colocó el inóculo en los almácigos de la siguiente forma: para el inóculo del hongo introducido, se pesaron 6.32 g de inóculo fresco, equivalentes a 2.5 g de inóculo seco, que contenía un promedio de 500 esporas con 90% de viabilidad, y para el inóculo de los hongos micorrízicos arbusculares nativos (HMAN) se pesaron 11.47 g de inóculo fresco, equivalente a 4.3 g de inóculo seco, que contenía un promedio de 800 esporas con 45% de viabilidad (el mayor número de esporas en el inóculo de los HMAN compensa el menor porcentaje de viabilidad). Los inóculos se colocaron en los conos de los almácigos correspondientes; una vez colocado el inóculo, los conos se regaron a capacidad de campo y, con mucho cuidado, se homogeneizaron en húmedo con el fin de distribuir el inóculo en todo el volumen del suelo. Después se dejaron drenar y, finalmente, se les colocó una capa de suelo esterilizado de alrededor de 0.5 cm.

#### **5.3.7.2 Procesamiento y aplicación del extracto microbiano**

1. Se tomaron 10 g de cada una de las 15 muestras de suelo del sitio en estudio, las cuales se encontraban almacenadas.
2. Los 150 g de suelo se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml y se aforaron con agua de la llave.
3. El matraz se agitó 1.5 horas electromagnéticamente a velocidad media.

Se dejó reposar 3 minutos y se decantó para ser filtrado en papel Whatman (de poro fino, No.

40). El filtrado de color ámbar, fue almacenado en el refrigerador para su uso posterior.



4. Una semana antes de la siembra, a cada cono de almácigo se le adicionaron 15 ml de la solución filtrada (5 ml por día), con el fin de recuperar la microbiota no micorrízica del suelo.
5. Una vez colocado el extracto microbiano en los almácigos, éstos se incubaron en una estufa de germinación a 28°C, durante 5 días.

### **5.3.7.3 Preparación de las semillas para la siembra de los almácigos**

Para este diseño experimental, se utilizaron 500 semillas lavadas con agua corriente, para eliminar los fungicidas con que son tratadas. Posteriormente, con el fin de eliminar los microorganismos, se trataron con hipoclorito de calcio (al 7.5% durante 10 minutos 2 veces), después se enjuagaron perfectamente con agua estéril, y se colocaron en cajas Petri estériles, con cama de germinación de arena; finalmente, las cajas de Petri se colocaron en un cuarto de germinación a 28°C, durante 5 días.

Transcurrido el período de germinación (6 días), se dejaron 48 horas más y, posteriormente, se seleccionaron las semillas germinadas que tenían un crecimiento radicular de 3 a 5 mm. Para sembrar las semillas se realizaron 4 perforaciones (de 1 cm de profundidad c/una), en la superficie del soporte o suelo, con una separación entre éstas de 1 cm. Las semillas germinadas se colocaron con la raíz hacia abajo, hasta la parte final de la perforación, se rellenaron con el suelo y, finalmente, se regaron a capacidad de campo, todos los conos.

### **5.3.7.4 Cuidado de los almácigos**

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Edafología del Instituto de Geología, UNAM. Una vez colocado el experimento en el invernadero, los almácigos se taparon con plástico negro hasta la emergencia de las plántulas, la cual ocurrió en 4 días. Posteriormente, conforme se fueron destapando, se les aplicó un riego mas pesado. Cada 5 días, las charolas de almácigos se movían al azar, con el fin de evitar el efecto de la posición en el invernadero.

### **5.3.7.5 Riego de los almácigos**

Los riegos se aplicaron de acuerdo a los requerimientos de las plantas durante su desarrollo (4 veces al día, 8 y 12 AM y 4 y 8 PM); según la pérdida de humedad, tratando de mantener el 60-70 % de la capacidad de campo.

### **5.3.7.6 Temperatura ambiente del experimento**

La temperatura ambiente del día, registrada en el invernadero donde se colocaron los almácigos del experimento, en promedio registró 26.5 °C, con una mínima de 13.5 °C y una máxima de 35 °C.

### **5.3.7.7 Aclareo**

Diez días después de la emergencia de las plántulas de cebolla, se procedió al aclareo, dejando sólo 3 plántulas por cono.

## **5.3.8 SEGUNDA ETAPA EXPERIMENTAL**

### **5.3.8.1 Transplante de las plántulas de cebolla, a las macetas**

Después de un mes en los almácigos, las plántulas se transplantaron a 90 macetas, lavadas, desinfectadas, secadas y etiquetadas, de 3.5 Kg de capacidad, con el fin de evitar una disminución del desarrollo de las plantas por falta de espacio. Se sacaron las plántulas de los almácigos, con todo y sus cepellones (bloques de suelo), para ser colocados en el centro de las macetas ya preparadas, con suelo, y sus respectivos tratamientos.

### **5.3.8.2 Preparación del suelo para las macetas**

En total, se utilizaron 270 Kg de suelo para el transplante. La mitad de éste, fue tamizado y esterilizado, como se mencionó anteriormente, para los tratamientos con el suelo esterilizado, mientras que la otra mitad, sólo fue tamizada, pero no se esterilizó; con el fin de utilizarse en los tratamientos sin esterilizar.

### **5.3.8.3 Preparación de los diferentes tratamientos para las macetas**

Se prepararon 90 macetas, 45 para los tratamientos en suelo esterilizado y 45 para los tratamiento en suelo no esterilizado. Éste último lote, contenía un promedio de 7 esporas de HMA nativos, por g de suelo.

La fertilización química se aplicó en un solo riego de 500 ml, una semana después del transplante a macetas.

La composta fue tamizada en malla del No. 20 y homogeneizada en la misma forma como se hizo para los almácigos, ocupando la misma proporción de composta (5%) pero, esta vez, en 3.5 Kg de suelo por maceta; es decir, 175 g de composta por maceta.

Las plántulas micorrizadas en los almácigos, al transplantarse a macetas, ya no requirieron una segunda aplicación de inóculo micorrízico, debido a que la micorrización ya se encontraba en desarrollo.

### **5.3.8.5 Cuidado del experimento en macetas**

Las macetas se regaron a capacidad de campo 2 o 3 veces al día, dependiendo de la temperatura ambiente.

La temperatura ambiente fue registrada durante los 2.5 meses que duró el experimento registrando un promedio en todo el día de 27 ° C, con una máxima de 36 ° C, y una mínima de 14°C.

Se mantuvo el fotoperíodo constante de 12 horas (7 AM a 7 PM) mediante la utilización de iluminación artificial (cuando se requería en días nublados, principalmente en temporada de lluvias, durante el mes de julio).

### **5.3.9 Variables de estudio**

El análisis de resultados en la primera etapa del experimento en almácigos, fue realizado de la siguiente manera: se seleccionaron al azar 5 de las 15 repeticiones por cada tratamiento, con el propósito de evaluar las siguientes variables de respuestas de las plantas bajo estudio:

- (a) Peso fresco y seco de la biomasa total
- (b) grado de colonización micorrízica
- (c) biodiversidad de esporotipos de hongos micorrízicos nativos.

El análisis de resultados para la segunda etapa, con una duración de 2.5 meses en las macetas, se realizó como sigue:

- (a) producción de biomasa del bulbo de cebolla en peso fresco y seco
- (b) producción de biomasa del follaje en peso fresco y seco
- (c) volumen de raíz
- (d) porcentaje de colonización micorrízica.

#### **5.3.9.1 Proceso para determinar el peso fresco y seco del follaje, bulbo y volumen de la raíz**

(1) El peso fresco del follaje y bulbo de cebolla se determinó de la siguiente forma: se aplicó un riego pesado y, después de 30 minutos, se procedió a cortar el follaje con tijeras. El bulbo y la raíz se dejó intacta para su posterior análisis. Inmediatamente después de cortar el follaje, se pesó lo más rápido posible con el fin de evitar pérdida de agua por evaporación. Por otro lado, se dejó en agua el bulbo y la raíz. Aproximadamente una hora después, el bulbo y la raíz se separaron cuidadosamente bajo un pequeño chorro de agua, el bulbo se separó del resto de la raíz con las tijeras, se eliminó el agua externa con papel absorbente y se pesó.

(2) Para la determinación del peso seco del follaje y bulbo de cebolla, se envolvieron por separado en papel de estraza, se etiquetaron y se metieron a una estufa a 45°C, el tiempo necesario hasta peso constante.

### **5.3.9.2 Técnicas generales para evaluar el desarrollo de los hongos micorrízicos arbusculares**

#### **5.3.9.2.1 Aclareo y tinción de raíces**

Siguiendo el método de Phillips y Hayman, (1970). Para observar la colonización se extrajo con precaución el sistema radical, a fin de recuperar aún las raicillas más finas. Las raíces se lavaron suavemente con agua corriente hasta dejarlas libres de suelo. Posteriormente, debido al volumen de muestras fue necesario fijarlas con FAA (formol, alcohol y ácido acético en proporciones iguales). Los pasos que se siguieron para el aclareo y tinción, consistieron en lo siguiente:

- (1) Lavarlas abundantemente con agua corriente, para eliminar el FAA y el suelo remanente.
- (2) Agregar KOH al 10% y calentar en baño María, el tiempo requerido para aclarar y ablandar las raíces.
- (3) Lavar el exceso del KOH con agua corriente.
- (4) Neutralizar lavando con una solución de HCl al 5%.
- (5) Teñir con azul de tripano al 0.01% en lactoglicerol, a baño María, durante un período de 5 a 20 minutos.
- (6) Remover el exceso de colorante y lavar con agua corriente. Eliminar el agua y conservarlas en lactoglicerol.

#### **5.3.9.2.2 Evaluación del porcentaje de colonización micorrízica**

Siguiendo el método de Giovanetti y Mosse, (1980), para determinar el porcentaje de colonización se evaluó microscópicamente la morfología interna de la micorriza, de la siguiente manera:

- 1.- Se colocan las raíces teñidas y conservadas en lactoglicerol, en una caja de Petri previamente cuadrículada (1 X 1 cm).

2.- Las raíces se distribuyen al azar en la cuadrícula.

3.- La caja de Petri se coloca bajo el microscopio estereoscópico y se enfoca con el mayor aumento (4X, es decir 40 aumentos).

4.- La estimación del porcentaje de colonización se hace detectando la presencia o ausencia de colonización en cada intersección, positiva o negativa, independientemente del estado de intensidad de la micorrización. Se evalúan como mínimo 200 intersecciones. Para obtener el porcentaje de colonización con los datos obtenidos se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Colonización} = \frac{\text{No. de intersecciones colonizadas}}{\text{No. total de intersecciones observada}} \times 100$$

#### **5.3.9.2.3 Separación de esporas por el método de tamizado y decantación en húmedo**

De acuerdo con Gerdemann y Nicolson, (1963), la separación de esporas se hizo como sigue:

1.- En un vaso o matraz se agregan 100 g de suelo de rizosfera y 1000 ml de agua. Para los cálculos, es necesario evaluar previamente el contenido de humedad del suelo.

2.- Se agita manualmente durante 10 minutos,

3.- Se deja reposar 3 minutos, con la finalidad de eliminar las partículas grandes por sedimentación.

4.- Se pasa la suspensión a través de una columna de tamices graduados (500, 250, 149, 105, 74, 44, micrómetros de abertura).

5.- Se agrega nuevamente agua al decantado y se repiten los pasos (2) al (4) varias veces hasta que el agua salga lo más limpia posible.



#### **5.3.9.2.4 Método de centrifugación en sacarosa**

Se siguió el método de centrifugación en sacarosa, según Daniels y Skipper, (1982), el cual consta de lo siguiente.

- 1.- El contenido de los tamices se pasa a tubos de centrifuga de 100 ml.
- 2.- Se llenan los tubos a un 75% con agua, se agita y se centrifuga por 4 minutos a 1,800 rpm, y se desecha el sobrenadante.
- 3.- Al residuo de los tubos se les aplica una solución de sacarosa al 50%, se agita y se centrifuga por 2 minutos a 1,800 rpm.
- 4.- Se decanta la solución en los tamices correspondientes, se lavan las esporas con agua corriente y se pasan a un papel filtro, marcado con círculos concéntricos para lograr su separación y conteo al microscopio.

#### **5.3.9.2.5 Determinación del porcentaje de incremento en los tratamientos**

El porcentaje de incremento se sacó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de incremento} = \frac{\text{Experimental} - \text{Testigo}}{\text{Testigo}} \times 100$$

#### **5.3.10 Análisis Estadístico**

Se calculó el promedio de cada una de las variables de estudio, con los cuales se realizaron posteriormente las gráficas y se compararon las diferencias existentes entre cada tratamiento.

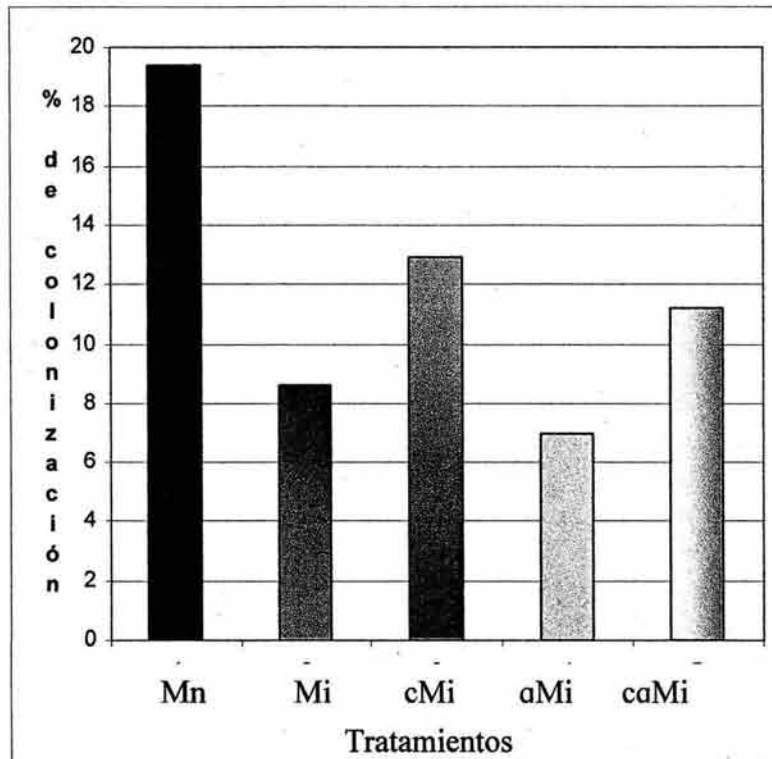
Se aplicó la prueba estadística de Tukey al 95 % y 99 % para comparar las variables: peso fresco, peso seco, volumen de raíz y porcentaje de colonización micorrízica. Para dichos análisis, fue utilizado el programa Statgraphic plus.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 6.1 Resultados de los tratamientos, 1 mes después de la emergencia de las plántulas (en almácigo con suelo esterilizado)

### 6.1.1 Porcentaje de colonización de la raíz

Los resultados obtenidos se aprecian en la gráfica 1 y cuadro 1, así como en la tabla 1 y el análisis estadístico 1 y 2 del Apéndice.



**Gráfica 1. Porcentaje de colonización de la raíz**

**Cuadro 1. Porcentaje de colonización**

Repeticiones	Tratamientos									
	Mn	Mi	T	cMi	c	qMi	cqMi	q	cq	
2	18.21	9.69	0	11.64	0	7.21	11.31	0	0	
4	21.90	9.62	0	15.88	0	6.49	10.33	0	0	
7	20.15	8.71	0	12.75	0	7.09	11.84	0	0	
10	17.80	7.01	0	12.97	0	7.26	10.68	0	0	
12	18.92	7.86	0	11.10	0	6.83	11.74	0	0	
<b>Prom. Total</b>	<b>19.40</b>	<b>8.58</b>	<b>0</b>	<b>12.87</b>	<b>0</b>	<b>6.97</b>	<b>11.18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Nota: cada repetición es el promedio de 3 plantas

**Mn**=inóculo de hongos micorrízicos arbusculares nativos;  
**Mi**=inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido;  
**cMi**= composta+ inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido;  
**qMi**=químico+ inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido;  
**cqMi**=composta+químico+ inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido;

**T**=testigo; sin HMA  
**c**=composta;  
**q**=químico;  
**cq**=composta+químico.

El tratamiento con mayor colonización micorrízica, fue el (Mn), ya que este presentó porcentajes de incremento en la colonización de: 178, 126, 73 y 5 con respecto a los tratamientos: (qMi); (Mi); (cqMi); y (cMi), respectivamente. Por otra parte, el de menor colonización fue el tratamiento (qMi). De acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 95 y 99%, el (Mn) resultó con diferencias altamente significativas con respecto a todos los tratamientos (Estadística 1 y 2; Apéndice).

El tratamiento (cMi) con respecto a los tratamientos (qMi), (Mi) y (cqMi), presentó porcentajes de incremento de 85, 50 y 15, respectivamente. Desde el punto de vista estadístico al 95 y 99%, el tratamiento (cMi) presentó diferencias altamente significativas con respecto a (qMi) y (Mi); pero no tuvo diferencias significativas, comparándolo con (cqMi) (Estadística 1 y 2; Apéndice).

#### **6.1.1.2 Colonización por los hongos micorrízicos nativos (Mn)**

Por otra parte, el hecho de que el tratamiento con hongos micorrízicos arbusculares nativos (Mn) haya presentado 126% más de colonización que el tratamiento con el hongo micorrízico introducido (Mi); (Tabla 1; Apéndice, fotos 12,13, y 14; Anexo), pudo deberse a que los hongos nativos son una población de endófitos altamente colonizadores y competitivos, ya que provienen de suelos altamente perturbados por impacto antrópico, en los que la población de HMAN se ha ido seleccionando a través del tiempo, quedando los más resistentes y capaces para colonizar.

Al respecto, Sieverding, (1991) menciona que las poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares, en áreas de cultivo, son afectadas por la diversidad de los suelos, plantas y factores medioambientales, así como por las diferentes prácticas agrícolas (rotación de cultivos y fertilización), que afectan su ecosistema natural y, por lo tanto, pueden influir drásticamente en el número de esporas, creando una selección de endófitos resistentes o afines a los cultivos, que pueden producir colonizaciones más tempranas y densas.

De igual manera, Palacios *et al.* (1986), encontraron colonizaciones altas con hongos micorrízicos nativos en plantas de cebolla pero, en ese caso, las poblaciones de hongos nativos, a pesar de ser muy invasivas fueron menos efectivas que las introducidas. Consideraciones similares han sido discutidas por algunos autores como Gerdemann (1975) y Mosse (1973) y (1975). Por otra parte, Abbott y Robson (1982), indican que la combinación suelo-planta es un factor importante para la simbiosis micorrízica, tanto en la velocidad y la intensidad de la colonización inicial, además de la

extensión de la colonización en la raíz. Asimismo, las esporas de los endófitos arbusculares pueden ser estimuladas por las raíces de las plantas hospederas de diferente manera en su germinación, y penetración. Al respecto, Gemma y Koske (1988), encontraron respuestas diferentes al quimiotactismo de *Gigaspora gigantea*, en el número de contactos de los tubos germinativos encontrando 87% para plántulas de tomate y 56% para las de maíz.

### 6.1.1.3 Colonización por el hongo micorrízico introducido (Mi)

El comportamiento en el grado de la colonización, del inóculo del hongo micorrízico arbuscular introducido, dependió del tipo de tratamiento; ya que pudo observarse que cuando al tratamiento (Mi) constituido por estos hongos, se le agregó la fertilización química (qMi), se presentó un decremento del 23%, con respecto al primero donde, de acuerdo a la prueba estadística de Tukey al 99%, la diferencia fue altamente significativa. Pero, cuando al hongo introducido (Mi) se les agregó la composta para constituir el tratamiento (cMi), se presentó un incremento en el porcentaje de colonización del 50%, en donde la diferencia también fue altamente significativa. Es importante resaltar el efecto diametralmente opuesto que se presentó con el tipo de fertilización utilizado en combinación con el hongo introducido, ya que se pudo observar que con la fertilización química, se redujo de manera importante el porcentaje de colonización, en tanto que con la composta se incrementó significativamente, (Estadística 1 y 2; Apéndice).

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por autores como Howard (1943), quien observó que la aplicación de composta a plantas tropicales como: té, café, caña, algodón, plátano, cacao, hortalizas, pastos y árboles frutales, incrementaba la actividad micorrízica. Rothwell (1984), confirmó que los abonos orgánicos en la rizósfera de las plantas en crecimiento estimulan el desarrollo de diversas poblaciones microbianas, entre ellas a los hongos micorrízicos arbusculares. También Sieverding (1991), al trabajar con *Yuca*, observó que las raíces de esta planta fueron más intensamente colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares cuando se adicionó materia orgánica composteada. Aunque la relación entre la materia orgánica y la micorriza arbuscular no es clara, las hifas del hongo proliferan más extensivamente en asociación con materia orgánica, sugiriendo que los exudados liberados de ésta pueden estimular el desarrollo fungico (Hepper y Warner, 1983, St. John *et al.* 1983).

Por otra parte, Howard (1943) mencionado por Sieverding, (1991), observó el efecto negativo de los fertilizantes químicos en la colonización micorrízica. Igualmente, Kruckelmann (1975), encontró que dosis altas de fertilización química fosfatada pueden llegar a inhibir la eficiencia de la

micorriza, así como la colonización, mientras que bajas cantidades de fertilizaciones con fosfatos y urea pueden estimular la colonización. También se sabe que altos niveles de nitrógeno pueden inhibir la formación de hongos micorrízicos (Hayman, 1987) y que el fertilizante amoniacal inhibe más a la micorriza que los nitratos (Chambers *et al.* 1980). Otros autores como (Toro, 1984) han encontrado que la fertilización de suelos fértiles con NPK, tiene efectos negativos en la colonización micorrízica.

## **6.1.2 Aspectos generales de la morfología de los hongos micorrízicos**

### **6.1.2.1 Inóculo de HMA nativos (Mn) e introducido (Mi)**

Los suelos de Santa Catarina del área de estudio, contenían 7 esporas de hongos micorrízicos arbusculares nativos (Mn) por gramo de suelo seco. En 100 g de suelo seco se observó una población de 700 esporas de las cuales 525 presentaban las características morfológicas de *Glomus* sobresaliendo, por lo menos, 10 esporotipos ( anexo 6, fotos 1 a 6; Anexo); 140 esporas presentaban las características morfológicas de *Gigaspora sp.* y *Scutellospora sp* observándose, por lo menos, 3 esporotipos dominantes de cada género; se presentan en el anexo un esporotipo de *Gigaspora sp.* y dos de *Scutellospora sp.* (fotos 7 a 9 del Anexo) y, finalmente, 35 esporas con las características morfológicas de *Acaulospora sp.* con 2 o 3 esporotipos; se presentan en el anexo un esporotipo de *Acaulospora sp.* (foto 10 del Anexo). Por lo tanto, se detectaron, aproximadamente, 19 esporotipos en total. Los esporotipos encontrados representaron el 75% de la familia *Glomaceae*; 20% de la *Gigasporaceae*, y 5% de la *Acaulosporaceae*; con una viabilidad del 45%. Se obtuvieron 100 g de inóculo concentrado, con una concentración de 300 esporas de HMA nativos (Mn), por cada gramo de inóculo (fotos 1 a 10 del Anexo)

En tanto que, para el inóculo con HMA introducido (Mi), se obtuvo un concentrado de 100 g con 200 esporas por gramo, y una viabilidad del 90% (fotos 11 y 12 del Anexo).



### **6.1.2.2 Morfología interna y externa de la colonización en las raíces de las plantas de los diferentes tratamientos inoculados con (Mi) y (Mn)**

El análisis de las observaciones microscópicas de la morfología y del porcentaje de la colonización de los hongos arbusculares en la raíz de las plantas de cebolla, nos indicó que los tratamientos (Mi) y (qMi) se encontraron en la etapa inicial de la colonización o fase Lag, los tratamientos (cqMi) y (cMi) a finales de la fase Lag, y principios de la fase Exponencial, y el tratamiento (Mn) a finales de la fase Exponencial. Estos resultados son congruentes con lo mencionado por Bonfante-Fasolo (1984 y 1987) y Sieverding (1991) mostrando los rasgos morfológicos que se discuten en los siguientes apartados.

#### **6.1.2.2.1 Morfología interna en los tratamientos con el HMA introducido (Mi)**

Con el tratamiento (qMi) más que una colonización interna, se presentaron puntos primarios de colonización (formados por los tubos de germinación de las esporas), donde se pudo observar la formación de apresorios e hifas de penetración; también se observaron ovillos conectados al micelio interno. En tanto que, con el tratamiento (Mi) ya se observa el desarrollo de vesículas y arbusculos (fotos 13 y 15, respectivamente; Anexo).

En los tratamientos fertilizados, (cMi) y (cqMi) se pudo observar, además de puntos primarios de colonización y ovillos, micelio interno bien desarrollado dispuesto en cordones hifales con arreglo paralelo, los cuales se unían a través de ramificaciones verticales en forma de puentes. También se pudo observar la presencia de vesículas redondas con contenido lipídico y unidas a un micelio más delgado (foto 14; Anexo).

Es importante hacer resaltar que el grado o densidad de colonización de los tratamientos antes mencionados, no solamente se reflejó en el porcentaje de colonización (análisis cuantitativo) sino, también, en el aspecto morfológico (análisis cualitativo). Podemos mencionar que hubo diferencias en el grado de desarrollo del hongo entre (Mi) sin fertilización y los fertilizados, ya que (cqMi) y (cMi) presentaron el mayor grado de desarrollo morfológico, lo cual se reflejó en los más altos porcentajes de colonización. En tanto que con el tratamiento (qMi) se presentó el menor porcentaje de colonización y el menor desarrollo, (fotos 14 (cMi) y 13 (qMi); Anexo). Mientras que con (Mi) se presentó una colonización intermedia con respecto a todos los fertilizados, (foto 15; Anexo).

Con el tratamiento (qMi) se presentó una precolonización, que corresponde a principios de la fase Lag (foto 13; Anexo), en los tratamientos fertilizados se encontraban marcados los rasgos morfológicos pertenecientes a la etapa final de la fase Lag y principios de la Exponencial. Por otra parte, el tratamiento (cMi) contenía mayor cantidad de arbusculos en comparación al tratamiento (cqMi), el cual presentaba mayor cantidad de micelio interno y vesículas. Esto, probablemente se debe, a que el tipo de nutrimento aplicado pudo haber favorecido más al desarrollo de una estructura que la otra de acuerdo a las necesidades y estrategias del hongo; en éste caso, podemos decir que la fertilización orgánica favoreció el intercambio de nutrimentos, lo cual se vió reflejado en un mayor número de arbusculos. En tanto que la fertilización química proporcionó menor cantidad de nutrimentos disponibles, por lo que el hongo se vió en la necesidad de desarrollar un mayor número de estructuras de almacenamiento de lípidos, como son las vesículas, en las plantas donde la colonización presentó el mayor desarrollo; ya que en otras, sólo se encontraron inicios de la colonización. Estos resultados coinciden con Sieverding, (1991), respecto a que la fuente y disponibilidad de los nutrimentos en la solución del suelo son un factor que interviene en la precolonización y colonización, ya que la cantidad y calidad de los nutrimentos intervienen en; la germinación de las esporas, el quimiotactismo para la formación y dirección del tubo de germinación y el número de puntos de colonización, entre otros. Esto último se reflejó en el tratamiento (qMi) en donde la fertilización química retrasó la colonización ya que, en contraste con la fertilización orgánica, el tratamiento (cMi) la incrementó, (fotos 13 y 14, respectivamente; Anexo).

En las Fotos 13 a 15 del Anexo, resulta muy evidente el efecto de los diferentes tratamientos, los cuales dejaron una huella específica “fingerprint” en cuanto al grado de desarrollo de la colonización o “patrón de colonización” ya que, por ejemplo, al comparar la foto 13 correspondiente al tratamiento químico (qMi) con la foto 14 del tratamiento orgánico (cMi), se pudo observar que, en el primero, apenas se inicia la colonización en tanto que, en el segundo, la colonización es ya funcional puesto que, en esta, ya hay un intercambio de nutrimentos entre el hongo y la planta hospedera, e incluso el hongo ya empieza con el almacenamiento de reservas nutricionales puesto que ya cuenta con vesículas. Por otra parte, respecto al grado de colonización, el tratamiento (qMi) presentó 6.9% de colonización, mientras que el de (cMi) presentó 12.8%. De igual manera, el tratamiento (Mi) reflejó también, su propio “patrón de colonización” caracterizado por tener una mayor cantidad de vesículas y una menor cantidad de arbusculos.

#### **6.1.2.2.2 Morfología interna en el tratamiento con HMA nativos (Mn)**

El tratamiento (Mn) presentó un micelio interno muy ramificado, en forma de red, que no contenía vesículas pero sí algunos arbusculos; también se observaron diferentes tipos de ovillos, en el parénquima cortical de la raíz (fotos 16 y 17; Anexo).

#### **6.1.2.2.3 Morfología externa en los tratamientos con el HMA introducido (Mi)**

Los tratamientos (Mi) y (qMi) presentaron, desde un punto de vista cualitativo, menor cantidad de desarrollo de micelio externo que los tratamientos (cMi) y (cqMi); ambos micelios no presentaban producción de esporas (foto 18; Anexo).

#### **6.1.2.2.4 Morfología externa en el tratamiento con HMA nativos (Mn)**

La colonización externa, mostró un buen desarrollo del micelio, tanto de hifas gruesas (de 10  $\mu\text{m}$ ) como de hifas delgadas (de 5  $\mu\text{m}$ ) como se aprecia en la microfotografía (foto 19; Anexo). Es importante resaltar que el micelio externo se encontraba en el inicio de la etapa de esporulación, observándose estructuras que recuerdan la morfología de la singamia, las cuales darán origen a las esporas. Se pudieron observar entre 5 y 6 esporotipos en etapa inicial de desarrollo, donde predominaban esporas en forma de pera (fotos 20 A, B y C; Anexo).

En las fotos 18 y 19, se hace la comparación entre micelios externos producidos por hongos nativos e introducido. En este caso, se pueden considerar a los HMn como especies de esporulación temprana, con una gran producción de micelio externo y una rápida formación de esporas (como también se observa en la foto 20 A, B y C) a diferencia de los HMi. Lo que nos indica que los HMn están adaptados a este suelo por ser su nicho ecológico; en tanto que el introducido pertenece a una especie de esporulación más tardía y/o no se adaptó a estos suelos.

#### **6.1.2.2.5 Diferencias morfológicas en la colonización de los tratamientos (Mn) y (Mi)**

En cuanto a las características morfológicas de la colonización de (Mn), cabe destacar que la distribución y la densidad del micelio interno fueron completamente diferentes a la morfología del tratamiento (Mi), en los siguientes aspectos:

- (1) el micelio interno en el tratamiento (Mi) estaba formado por cordones paralelos
- (2) el micelio interno en (Mn) presentó forma de malla o de red
- (3) en (Mi) se produjeron vesículas
- (4) en (Mn) no se produjeron vesículas
- (5) hubo una mayor presencia de arbusculos en (Mi)
- (6) en (Mn) destacaron los ovillos
- (7) el micelio externo de (Mi) no presentaba esporas
- (8) el micelio externo de (Mn) se encontraba en esporulación y con diferentes esporotipos en formación
- (9) en (Mi) se desarrolló más micelio interno que en (Mn)
- (10) la cantidad de micelio externo era mayor en (Mn) que en (Mi)
- (11) (Mi) y (Mn) se encontraban en diferente etapa de desarrollo, ya que (Mi) se encontraba en la fase Lag y (Mn) en la Exponencial.

Cabe destacar que mientras en (Mi) se iniciaba la producción de vesículas, en (Mn) ya se producían esporas. Todos estos resultados reflejan las diferencias existentes entre la población de hongos de (Mi) y de (Mn).

Además, se observó que la esporulación de (Mn) es indicativo de la presencia de hongos adaptados a medios perturbados o estresados y que, por lo tanto, se trata de hongos con “estrategia adaptativa desde el punto de vista ecológico”, es decir, hongos que esporulan rápidamente. Esto último, se confirma con lo mencionado por Bowen, (1987) y Sieverding, (1991), en cuanto a que hay hongos que se les puede caracterizar como especies de desarrollo temprano, ya que empiezan a producir sus esporas entre 3 a 4 semanas después de iniciada la colonización, y que estas especies pertenecen a aquellas que son más invasivas que efectivas, en tanto que, en otros casos, la esporulación se presenta después de 6 meses, dichos hongos pueden considerarse de maduración tardía.

Bowen (1987) observó que en general, el micelio externo joven no es septado y consiste de ramificaciones dicotómicas, siendo el diámetro de las ramificaciones principales de entre 5 a 20  $\mu\text{m}$  y el de las ramificaciones secundarias entre 1 a 5  $\mu\text{m}$ ; tal como se observó en el micelio externo de los dos tipos de poblaciones de hongos probados en este trabajo.

Estos resultados también coinciden con lo mencionado por Azcón y Barea (1980), Harley y Smith (1983) y Bonfante-Fasolo, (1984) quienes mencionan que durante el establecimiento de los

hongos formadores de endomicorriza, se presentan dos etapas: (1) la que corresponde a la precolonización, en la cual los propágulos germinan en el suelo, emitiendo tubos de germinación dirigidos a las raíces, se forman apresorios, y las hifas de colonización “penetran las células radicales”, se da la formación de ovillos, así como el desarrollo del micelio interno (Le Tacon, 1985; Gemma y Koske, 1988 y González, 1996); y (2) la que corresponde al crecimiento dentro de la raíz; empezando por la fase Lag, el micelio interno que empieza a extenderse en el parénquima desarrollando los arbusculos, (las estructuras más activas de la simbiosis, pues en estas se lleva a cabo el intercambio de nutrimentos por ambos organismos); posteriormente, se desarrolla la llamada fase Exponencial, donde el hongo se expande dentro de la raíz (sin llegar a la endodermis), y aumenta la presencia de vesículas, micelio interno y arbusculos. En tanto que, en la parte externa, el micelio se expande y se divide dicotómicamente, además de diferenciarse en micelio grueso y delgado y producirse esporas.

Lo antes expuesto, también coinciden con las descripciones morfológicas del ciclo del desarrollo de los hongos micorrízicos arbusculares mencionadas por Carling y Brown (1982); Mugnier y Mosse (1987) y Bonfante *et al.* (1987); y son congruentes con las observaciones de Ramírez *et al.* (1975) quienes mencionan que 7 días después de la inoculación habían germinado el 43 y 50% de las esporas de *Glomus macrocarpum* y *Gigaspora calospora*, respectivamente, pero no se detectó colonización.

A los 14 días habían germinado el 75 y 85% y, hasta los 21 días, empezaron a observarse puntos primarios de colonización. Igualmente, la colonización producida por *Glomus intraradices* en plántulas de guayule, se presentó entre finales de la tercera semana y principios de la cuarta después de la emergencia (Vietti y Staden, 1990). González (1996), encontró que entre los 15 y 20 días se inicia la fase Lag de la colonización en plántulas de *Chloris gayana* con poblaciones de hongos micorrízicos nativos de 3 agroecosistemas. Al evaluar la dinámica de la colonización de la Micorriza en *Lycopersicum esculentum* y *Solanum melongena*, Saif (1977), observó el inicio de la colonización a los 20 días. Asimismo, Potty (1985) encontró la colonización a los 20 días, en Cassava y Bethlenfalvay *et al.* (1982) informaron que la colonización de las raíces de soya por *Glomus fasciculatum*, se inició en la tercera semana después de la germinación. Los resultados obtenidos en éste trabajo coinciden, de manera significativa, con los autores antes mencionados en: (a) el tiempo de germinación de las esporas, (b) la formación de tubos de germinación, (c) el contacto de los tubos y la formación de apresorios, (d) el tiempo del inicio de la colonización, (e) el crecimiento del



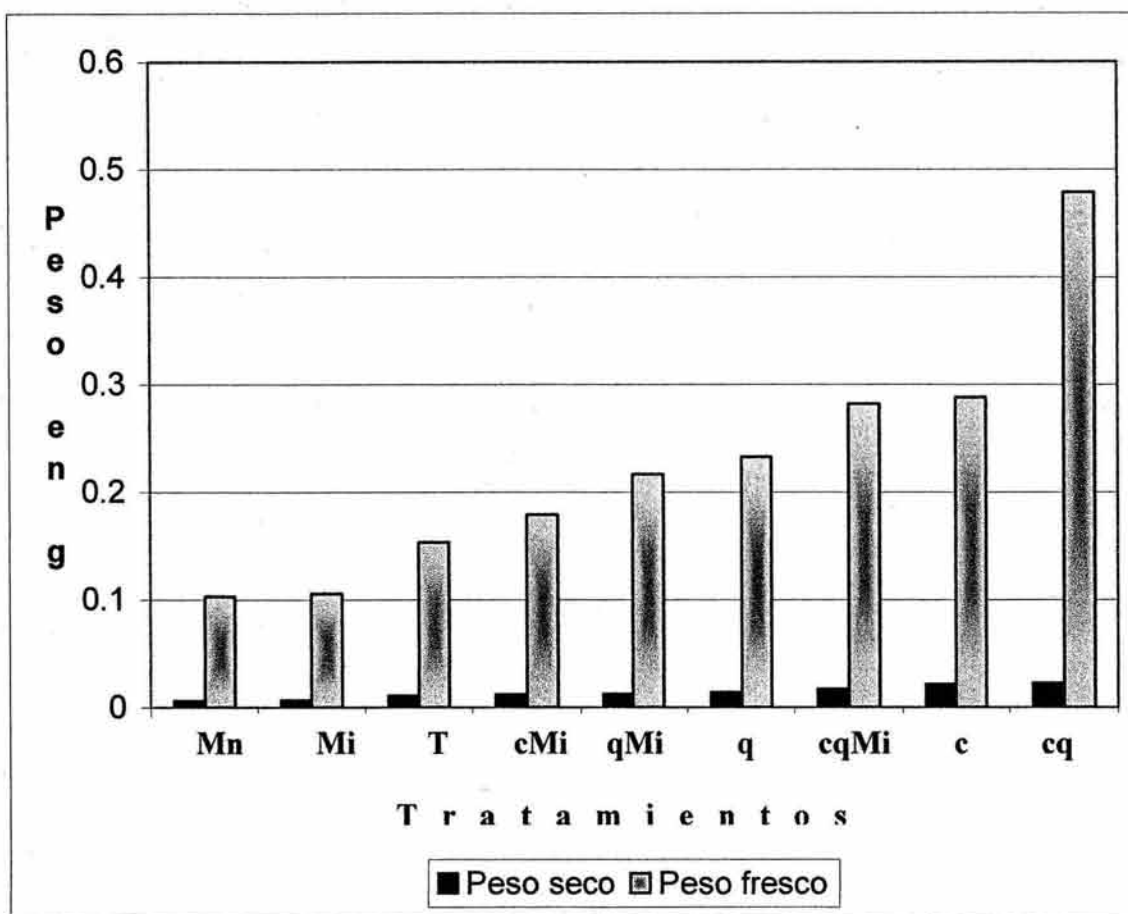
micelio interno, (f) la producción de arbusculos y vesículas, (g) la producción de micelio externo y (h) la producción de esporas.

Los resultados aquí obtenidos y los mencionados por los autores anteriores, nos sugieren que a los 40 a 45 días después de la siembra en almácigo, el trasplante a campo asegura que en las plantas ya esté bien establecida la simbiosis.

### **6.1.3 Efecto de los tratamientos en la producción de biomasa en las plántulas**

Los tratamientos (Mn) y (Mi), con respecto al testigo (T) sin HMA, presentaron un porcentaje de decremento en peso fresco y seco de 33 y 47% y de 31 y 43%, respectivamente. En tanto que los tratamientos (q) y (c), con respecto al (T), presentaron porcentajes de incremento en peso fresco y seco de 52 y 25% y de 88 y 93%, respectivamente. Pudo observarse que el mayor porcentaje de incremento de biomasa se alcanzó con la aplicación de composta, ya que ésta produjo 36 y 68% de incremento en peso fresco y seco de biomasa respectivamente, en comparación con el efecto de la fertilización química.





**Gráfica 2. Efecto en el rendimiento total de la biomasa, en plántulas a 1 mes Después de su emergencia, en suelo esterilizado**

**Cuadro 2. Peso fresco**

**T R A T A M I E N T O S**

REPETICIONES	Mn	Mi	T	cMi	qMi	q	cqMi	c	cq
2	0.1082	0.1065	0.1542	0.1794	0.2219	0.2311	0.2842	0.2844	0.4852
4	0.1022	0.1023	0.1544	0.1773	0.2152	0.2333	0.2736	0.2829	0.4767
7	0.1006	0.1080	0.1508	0.1804	0.2157	0.2328	0.2795	0.2886	0.4860
10	0.1049	0.1032	0.1530	0.1778	0.2154	0.2328	0.2760	0.2895	0.4801
12	0.1004	0.1078	0.1541	0.1808	0.2148	0.2341	0.2956	0.2945	0.4672
<b>Prom. Total</b>	<b>0.1032</b>	<b>0.1056</b>	<b>0.1533</b>	<b>0.1791</b>	<b>0.2166</b>	<b>0.2328</b>	<b>0.2818</b>	<b>0.2879</b>	<b>0.4791</b>

**Cuadro 3. Peso seco**

**T R A T A M I E N T O S**

REPETICIONES	Mn	Mi	T	cMi	qMi	q	cqMi	c	cq
2	0.0061	0.0063	0.0112	0.0126	0.0127	0.0138	0.0173	0.0215	0.0242
4	0.0060	0.0062	0.0112	0.0118	0.0125	0.0140	0.0172	0.0211	0.0207
7	0.0057	0.0063	0.0108	0.0119	0.0128	0.0140	0.0173	0.0213	0.0228
10	0.0061	0.0063	0.0111	0.0119	0.0126	0.0139	0.0173	0.0212	0.0226
12	0.0057	0.0064	0.0112	0.0119	0.0129	0.0137	0.0176	0.0218	0.0225
<b>Prom. Total</b>	<b>0.0059</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0111</b>	<b>0.0120</b>	<b>0.0127</b>	<b>0.0139</b>	<b>0.0173</b>	<b>0.0214</b>	<b>0.0226</b>

Nota: Cada repetición es el promedio de 3 plantas

Con respecto a (Mn) y (Mi), el tratamiento con fertilizante químico (q), presentó porcentajes de incremento en peso fresco y seco de: 126 y 136 y de 120 y 121, respectivamente. En tanto que el tratamiento con composta (c), respecto a (Mn) y (Mi), presentó porcentajes de incremento en peso fresco y seco de 179 y 263 y de 173 y 240, respectivamente. Finalmente, el tratamiento (c), respecto al (q), presentó porcentajes de incremento en peso fresco y seco de 24 y 54. Estos resultados, de acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 99%, (estadística 3 y 5; Apéndice) nos indicaron que entre los tratamientos (Mn) y (Mi) no hubo diferencias significativas; no obstante, estos con respecto a (T), (q) y (c) presentaron diferencias altamente significativas. Por otra parte, (c) respecto a (q), presentó diferencias altamente significativas, y estos dos con respecto a (Mn), (Mi) y (T) presentaron diferencias altamente significativas.

El tratamiento (cq), con respecto a (Mn), (Mi), (T), (cMi), (qMi), (q), (cqMi) y (c), presentó porcentajes de incremento en el peso fresco de: 364, 354, 212, 167, 121, 106, 70 y 66 y en el peso seco de: 283, 259, 104, 88, 78, 63, 31 y 6, respectivamente. De acuerdo a la prueba de Tukey, al 95 y 99%, (cq) presentó diferencias altamente significativas en comparación a todos los tratamientos antes mencionados (estadística 3 a 6; Apéndice).

Los resultados obtenidos, en comparación con el testigo, nos indicaron que los tratamientos con menor producción de biomasa fueron (Mn) y (Mi), y con mayor producción (cq). Estos resultados se relacionaron con los siguientes tres aspectos: (1) que los tratamientos (Mn) y (Mi) se encontraban en la fase Lag y principios de la Exponencial, respectivamente por lo que, probablemente, fue un tiempo muy corto como para reflejar el efecto de la simbiosis en la biomasa, además de que había carencia de nutrientes; (2) aún y cuando entre los tratamientos con hongos hubo una alta diferencia significativa en el porcentaje de colonización, esta diferencia no alteró la producción de biomasa, debido probablemente a que no habían suficientes nutrientes para traslocar, y (3) el tratamiento sin hongos micorrízicos y con fertilización química y orgánica (cq), actuó con gran efectividad debido a una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esto nos indicó que ambos inóculos de hongos micorrízicos, por una parte, aún no habían establecido una simbiosis funcional con la planta para llevar a cabo el intercambio de nutrientes y, cuando se estaba iniciando la colonización, mas que aportar nutrientes los hongos micorrízicos consumían el fotosintato de la planta, y estresaban a la planta durante la invasión, ya que en este momento el hongo absorbe mayor cantidad de fotosintatos para su desarrollo, generando un efecto negativo temporal. En este caso, ambos hongos produjeron la misma cantidad de biomasa.

Al respecto, Palacios y González, (2002) han observado que antes del establecimiento de la simbiosis, el huésped es deprimido y, posteriormente, se observa la efectividad de la simbiosis de acuerdo al grado de colonización y al tipo de hongo micorrízico. Esto explica el porque, aún no puede evaluarse la efectividad de ambos HMA, pero sí el efecto del establecimiento de la micorriza en la planta huésped en donde fue evidente el efecto negativo temporal. El testigo superó en 48 y 45% la producción de biomasa de los tratamientos (Mn) y (Mi), respectivamente. La prueba estadística de Tukey, al 95 y 99%, indicó que no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de HMA; sin embargo, el testigo (T) con respecto a (Mn) y (Mi) presentó diferencias altamente significativas.

No obstante, los tratamientos micorrízicos con composta (cMi) y fertilizante químicos (qMi), desarrollaron 17 y 41% más biomasa que el (T), respectivamente. Este porcentaje de incremento se debió al efecto de la composta y del químico, así como al grado de colonización causada por el hongo introducido, ya que en relación al (T), la composta sola (c) alcanzó un incremento en producción de biomasa de 88%; mientras que el efecto de la fertilización química (q) dió 52% de incremento. Esto significa que, en ambos casos, la micorriza introducida produjo un consumo alto de fotosintátos en esta etapa del desarrollo de las plántulas, debido a que aún el desarrollo de la micorriza funcional era incipiente.

Con respecto a los tratamientos (cMi) y (qMi), la producción de biomasa en peso fresco y seco (0.1791 y 0.012g y 0.2166 y 0.0127g) respectivamente, se pudo correlacionar con el grado de colonización específica de 13 y 7%, notándose que a mayor colonización, le correspondió menor producción de biomasa; no obstante, se debe resaltar nuevamente que en este período, la colonización funcional era incipiente, lo que significa que la simbiosis aún no se había establecido adecuadamente. Estos resultados permiten observar que la fertilización química afectó la colonización, mientras que la composta le fue favorable, probablemente por que, en esta etapa del desarrollo de las plántulas, un mayor número de puntos de colonización origina mayor estrés en la planta, dando una menor producción de biomasa.

En cuanto a la producción de biomasa entre los tratamientos (q) y (c), en referencia a (T), se aprecia una notable diferencia; ya que con el primero, se obtuvo un porcentaje de incremento en el peso fresco y seco de 52 y 25 y con el segundo de 88 y 93, respectivamente. El hecho de que (c), haya producido 36 y 68% más de biomasa en peso fresco y seco con respecto a (q), nos indica un

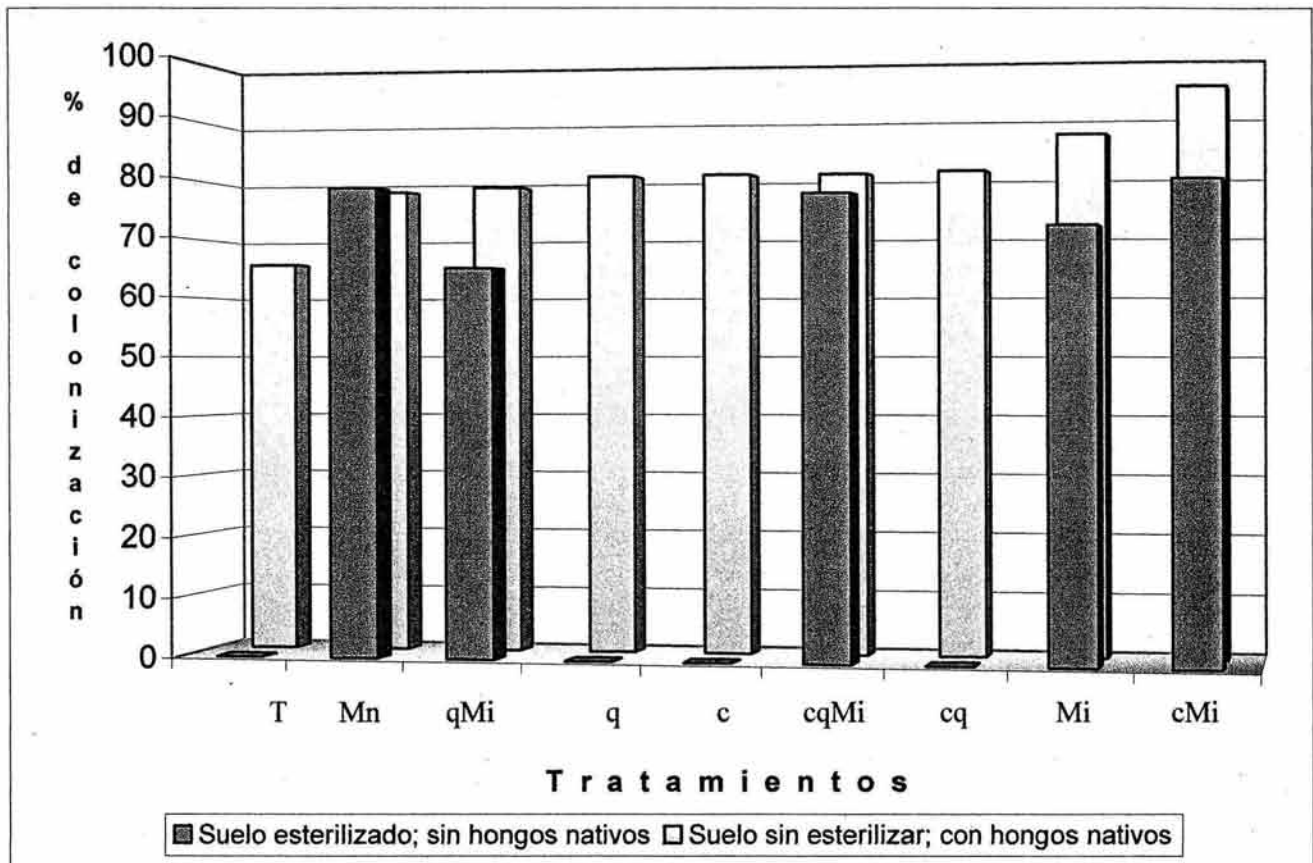
efecto similar al mencionado por Tamhane R. V. (1978), Ortega (1981), y Aguilera, (1989) quienes encuentran que la composta aporta al suelo macronutrientes como el N, P, S, Ca, Na, K y Mg, así como micronutrientes tales como: Fe, Zn, Cu, Co, B y Mn; además, incrementa la capacidad de intercambio catiónico total, las sustancias húmicas generan a largo plazo una mejor estructura del suelo, un pH estable y una mayor capacidad de retención del agua, por lo que mejora las condiciones físicas y físico-químicas del suelo. Las sustancias húmicas agregan las partículas del suelo en glomérulos, permitiendo una mejor penetración del agua y del aire, propiciando que las raíces tengan una mayor penetración en el suelo.

## **6.2 Resultados de los tratamientos a los 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas (en macetas con suelo esterilizado y sin esterilizar)**

### **6.2.1 Porcentaje de colonización de las raíces**

Los porcentajes de colonización, bajo el efecto del hongo micorrízico introducido (suelo esterilizado) y nativos (suelo no esterilizado); así como con y sin fertilización química u orgánica (composta) o ambos, se aprecian en la gráfica 3, cuadros 4 y 5, así como en las tablas 4 y 5 y los análisis estadísticos 7 y 8 del Apéndice.

Es importante señalar que todos los tratamientos con suelo sin esterilizar contenían propágulos de hongos micorrízicos arbusculares nativos (Mn), a razón de 5 a 7 esporas por g de suelo, presentando una mayor colonización que la obtenida con los tratamientos en suelo esterilizado (cuadros 4 y 5).



**Gráfica 3. Porcentaje de colonización producido por los hongos micorrízicos nativos y el introducido**

**Cuadro 4 Porcentaje de colonización en suelo esterilizado (sin micorriza nativa)**

REPETICIONES	T R A T A M I E N T O S								
	T	Mn	qMi	q	c	cqMi	cq	Mi	cMi
3	0	79.30	63.31	0	0	74.68	0	65.98	75.35
6	0	77.42	62.84	0	0	74.63	0	77.76	79.93
9	0	71.48	69.98	0	0	71.89	0	72.12	78.16
13	0	91.63	63.89	0	0	86.70	0	66.28	81.14
15	0	70.84	63.06	0	0	74.28	0	74.05	78.60
<b>Prom. Total</b>	<b>0</b>	<b>78.13</b>	<b>64.61</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>76.43</b>	<b>0</b>	<b>71.24</b>	<b>78.64</b>

**Cuadro 5 Porcentaje de colonización en suelo no esterilizado (con micorriza nativa)**

REPETICIONES	T R A T A M I E N T O S								
	T+mn	Mn+mn	qMi+mn	q+mn	c+mn	cqMi+mn	cq+mn	Mi+mn	cMi+mn
1	72.23	75.41	73.38	76.91	77.23	78.20	77.71	85.11	85.97
5	68.88	74.79	75.18	82.05	78.57	79.60	79.46	85.97	92.27
8	53.00	72.75	82.08	89.59	85.56	82.04	85.27	86.76	100
11	72.94	88.50	83.43	73.82	79.13	79.31	79.27	79.94	96.29
14	61.90	79.89	80.88	81.26	83.54	85.06	84.06	97.85	100
<b>Prom. Total</b>	<b>65.79</b>	<b>78.27</b>	<b>78.99</b>	<b>80.72</b>	<b>80.81</b>	<b>80.84</b>	<b>81.16</b>	<b>87.13</b>	<b>94.91</b>

Nota: Cada repetición es el promedio de 3 plantas



### 6.2.1.1 Colonización alcanzada por los tratamientos con el hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn)

El hongo micorrízico introducido (Mi) presentó incrementos en la colonización, en relación a (qMi) y (T+mn), de 10 y 8%, respectivamente, y porcentajes de decremento, en relación a (cqMi), (Mn), (Mn+mn), (cMi), (qMi+mn), (q+mn), (c+mn), (cqMi+mn) y (cq+mn) de: 7, 9, 9, 9, -10, 12, 12, 12 y 12, respectivamente. De acuerdo a las prueba estadística de Tukey, al 95 y 99%, solo hubo diferencias significativas entre (Mi) y los tratamientos antes mencionados. Por otra parte, (Mi+mn) y (cMi+mn) presentaron porcentajes de incremento en la colonización, con respecto a (Mi), de 22 y 33, respectivamente. Estos tratamientos, desde el punto de vista estadístico con la prueba de Tukey al 95 y 99%, presentaron diferencias altamente significativas al compararse con (Mi), (estadística 7 y 8; Apéndice).

Los hongos micorrízicos nativos (Mn), presentaron un porcentaje de incremento en la colonización, al compararse con (qMi), (T+mn), (Mi) y (cqMi), de: 21, 19, 10 y 2, y de decremento, respecto a (qMi+mn), (q+mn), (c+mn), (cqMi+mn), (cq+mn) y (Mi+mn), de: 1, 3, 3, 3, 4 y 10, respectivamente. De acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 95%, no hubo diferencias significativas, excepto con (qMi) y (T+mn), donde las diferencias fueron altamente significativas. Con respecto a (Mn+mn) y (cMi), el tratamiento (Mn), tanto al 95 como al 99%, no presentó diferencias significativas. Por otra parte, el tratamiento (cMi+mn), al compararse con (Mn), presentó un porcentaje de incremento de 21, el cual fue altamente significativo al 99%.

De estos resultados, los tratamientos con menor colonización (qMi;64%) y (T+mn;65%) fueron los que, estadísticamente al 99%, no presentaron diferencias significativas entre sí. Y los tratamientos con mayor colonización (Mi+mn; 87%) y (cMi+mn; 95%) tampoco presentaron, entre ellos, diferencias significativas al 95 y 99%. Estos dos últimos, en comparación con (qMi) y (T+mn), presentaron diferencias altamente significativas al 95 y 99%, (estadística 7 y 8; Apéndice).

El tratamiento (cMi) presentó un porcentaje de colonización intermedio en comparación a todos los tratamientos. Estadísticamente, no presentó diferencias significativas al 95%, con respecto a (Mn), (Mn+mn), (qMi+mn), (q+mn), (c+mn), (cqMi+mn) y (cq+mn). Finalmente, en los suelos esterilizados se corroboró que los tratamientos (T), (q), (c) y (cq) no presentaron colonización, pero en los suelos no esterilizados sí presentaron la colonización producida por los hongos nativos presentes en estos suelos (cuadros 4 y 5).



Es importante señalar que todos los tratamientos de los almácigos, colonizados y sin colonizar, al ser trasplantados a las macetas con suelo sin esterilizar, fueron colonizados por los hongos micorrízicos nativos ahí presentes. En tanto que las plantas trasplantadas a macetas con suelo esterilizado no presentaron ninguna colonización adicional. De tal manera, que las plantas del testigo (T) del suelo esterilizado, no presentaron colonización, mientras que las plantas del (T+mn) al trasplantarse a suelo no esterilizado, se colonizaron en un 65.79%. Las plantas del tratamiento en suelo esterilizado, con inóculo de hongos nativo (Mn) presentaron 78.13% de colonización. En tanto que en su homólogo del suelo sin esterilizar (Mn+mn) se alcanzó una colonización del 78.27%, esto indica tres aspectos: **(1)** que las plántulas del almácigo, después de ser trasplantadas a las macetas en el suelo sin esterilizar son colonizadas por los hongos nativos; **(2)** que la diferencia estadísticamente significativa (al 95 y 99%) de la colonización en (Mn) y (Mn+mn), con respecto a (T+mn), se debe a la diferencia en tiempo; ya que las plantas de los tratamientos (Mn) y (Mn+mn) tienen un tiempo total de 3.5 meses de colonización (contando el tiempo desde que se inició la colonización en el almácigo), en tanto que las del (T+mn) tienen 2.5 meses de colonización, a partir del trasplante a la maceta y **(3)** Las plántulas del tratamiento (Mn) cuando se trasplantaron a las macetas, ya iban previamente colonizadas por los hongos micorrízicos nativos, tales hongos y los del suelos sin esterilizar de las macetas eran los mismos hongos nativos, debido a lo cual entre (Mn) y (Mn+mn), no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Por otra parte, pudo observarse que la colonización de los tratamientos (Mn) y (Mn+mn), respecto a los tratamientos homólogos con fertilización (q+mn), (c+mn) y (cq+mn), presentó decrementos los cuales estadísticamente no fueron significativos, es decir, que ni los fertilizantes ni la composta alteraron la capacidad colonizadora de los hongos nativos. A diferencia de lo detectado por algunos autores como Kruckelmann (1975), en el presente trabajo, las fuentes adicionales de nutrimentos para las plantas, no modificaron el comportamiento de los hongos micorrízicos nativos, lo cual puede deberse a que estos hongos constituyen una población adaptada a la aplicación de agroquímicos. Este hecho se aprecia entre los tratamientos (Mn+mn) sin fertilizantes químicos, mismo que alcanzó un porcentaje de colonización de 78.27%, y el (qMi+mn) con fertilizantes químicos con un porcentaje de colonización de 78.99%, que no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el grado de colonización.

Un efecto diferente se apreció con el hongo micorrízico introducido pues, en este caso, mientras que la adición de fertilizantes químicos disminuyó la colonización, pero la aplicación de composta la incrementó, ya que el porcentaje de colonización en (Mi) de 71.24%, en (qMi) y en (cMi) que pasó a

64.61% y 78.64%, respectivamente, de tal manera que en presencia del químico hubo una pérdida de 6.6%, y con la composta, una ganancia de 7.4% (cuadro 4 y 5), en ambos casos, con diferencias estadísticamente significativas, al 95 y 99%, (estadística 7 y 8; Apéndice). Esto, probablemente, pudo deberse a que el hongo introducido no está adaptado a la fertilización química, pero sí a los abonos orgánicos (composta). Este hecho es congruente con lo encontrado por Kruckelmann, (1975); Mosse, (1981) y Sieverding, (1991), ya que ellos han mencionado que los fertilizantes fosfatados inhiben o deprimen el desarrollo de la colonización de los hongos micorrízicos. Por otra parte, Hayman (1981) y Sieverding (1991) han observado que la materia orgánica o la composta incrementan el desarrollo de la colonización.

Lo mencionado anteriormente, se reafirma al observar la diferencia entre los tratamientos (Mi+mn) con un porcentaje de colonización de 87.13%, y el (cqMi+mn) con 80.84% en el cual se encontraba presente el químico, lo que significa una diferencia de 6.29%, mientras que en el (cMi+mn) la colonización alcanzó 94.91%, registrándose una diferencia de 7.78% lo que indica un efecto positivo de la composta en la colonización.

Se observó que, cuando se sumó la colonización del hongo introducido con el hongo nativo (durante el trasplante del almácigo a las macetas con suelos sin esterilizar), la colonización se incrementó en los cuatro tratamientos de los suelos sin esterilizar que contenían a ambos hongos, ya que la colonización en (Mi) fue de 71.24% y en (Mi+mn) de 87.13%; en el caso de (cMi) fue de 78.64 y en (cMi+mn) de 94.91%; en (qMi) fue de 64.61, y en (qMi+mn) de 78.99% y, finalmente, en (cqMi) que fue de 76.43 y en (cqMi+mn) de 80.84%. Esto significó que la colonización se incrementó, en todos los casos en: 22, 21, 22 y 6 %, respectivamente. Donde, de acuerdo a la prueba estadística de Tukey al 99%, los tres primeros resultaron con diferencias altamente significativas y el último sólo con diferencias significativas. Los incrementos en la colonización se debieron a que los hongos nativos tienen una alta capacidad colonizadora, razón por la cual lograron establecerse en la misma planta hospedera donde se encontraba el hongo introducido.

Al respecto, se sabe que una planta puede ser colonizada por varios hongos al mismo tiempo y, más aún, si la planta huésped es altamente dependiente de la micotrofia, como es el caso de la cebolla. Finalmente, la alta capacidad colonizadora de los hongos nativos se pudo corroborar con lo siguiente: el porcentaje de colonización que habían alcanzado las plántulas con los hongos micorrízicos nativos en el período de almácigo, fue de 19.40 y pasó a 78.13%, en el período de

maceta, y con el hongo micorrízico introducido paso de 8.5 a 71.24%, respectivamente. Como se pudo observar en ambos períodos, los HMAN produjeron un mayor porcentaje de colonización y un más rápido establecimiento de almácigo a maceta. Los porcentajes de incremento y la colonización fueron diferentes, entre ambos hongos; estas diferencias, de acuerdo con la prueba de Tukey fueron estadísticamente significativas al 95 y 99%, (estadística 7 y 8; Apéndice).

## **6.2.2 Morfología interna y externa de la colonización de los tratamientos con los inóculos del HMA introducido (Mi) y los nativos (Mn)**

### **6.2.2.1 Morfología interna en los tratamientos con el HMA introducido (Mi)**

La colonización alcanzada por el hongo micorrízico introducido en las plantas, después de 3.5 meses de desarrollo, (1 mes en almácigo y 2.5 en maceta), presentó un porcentaje de incremento del 700%, ya que pasó de 8.5 a 71.24%, (foto 21; Anexo) por lo que se puede decir que hubo una alta compatibilidad y especificidad entre la planta y éste hongo.

El hongo micorrízico introducido, *Glomus mosseae*, desarrolló, de manera muy satisfactoria, todos sus componentes estructurales como fueron: (a) las vesículas de forma circular a ovaladas en una gran densidad, estableciendo una clara conexión con el micelio interno (las estructuras presentaron una alta afinidad al colorante); (b) el micelio interno se observó en forma de cordones hifales que corrían paralelamente a todo lo largo de la raíz, estos cordones presentaron divisiones laterales en donde se desarrollaron tanto los arbusculos como las vesículas (fotos 21, 22 y 23; Anexo); (c) los arbusculos se observaron en su etapa de madurez con una clara diferenciación de su tallo y de su copa, estos presentaron desarrollo en todo el volumen de la célula huésped (foto 24; Anexo).

Las observaciones cualitativas, en cuanto al tipo y la densidad de los componentes hifales, nos sugieren que el tipo de tratamiento, ya sea químico u orgánico lo modifican, ya que en el tratamiento (qMi) se observó una mayor cantidad de vesículas y una menor cantidad de arbusculos, (foto 22; Anexo) en tanto que la fertilización orgánica, es decir con composta (cMi) favoreció la formación de arbusculos y disminuyó la formación de vesículas (fotos 23 y 24; Anexo). Esta etapa de desarrollo del hongo corresponde a la fase *plateau*, meseta o de constancia, mencionada por Sieverding (1991), Azcón y Barea (1980), en donde tanto el hongo como la planta llegan a su máximo crecimiento simultáneamente, para empezar la madurez. Por otra parte, es importante mencionar que las

características morfológicas y la densidad de los componentes del hongo del tratamiento (Mi), fueron casi iguales a las de (qMi) y al tratamiento (cqMi), ya que se observó un mismo número de vesículas y de arbusculos, (fotos 21 y 22; Anexo). Estos resultados se pueden tomar como preliminares, ya que un análisis cuantitativo nos revelaría si realmente los tratamientos generan un cambio en la densidad de la colonización del hongo, que nos permitiera apoyar las observaciones microscópicas. También sería importante poder correlacionar estos resultados con el porcentaje de colonización, ya que se pudo observar que, en los diferentes tratamientos, significó un “finger print”(huella digital), con diferencias de acuerdo al tratamiento. Estas observaciones se realizaron desde la etapa de plántulas de 1 mes de desarrollo, como se indicó anteriormente.

#### **6.2.2.2 Morfología interna en el tratamiento con los HMA nativos (Mn)**

Los hongos nativos presentaron una fuerte afinidad en las plantas, ya que se encontró una abundante colonización interna fina, la cual presentó un porcentaje de incremento de 303%, considerando que, en las plántulas de 1 mes, se presentó una colonización de 19.4% que, a los 3.5 meses, se incrementó hasta 78.27%, en el tratamiento (Mn+mn).

Se pudieron observar 4 tipos diferentes de micelio interno o patrones de colonización, constituidos por hifas muy delgadas; el micelio viajaba en forma de red (reticular), en un caso y en otro caso, eran hifas muy delgadas mezcladas con hifas gruesas que formaban ovillos y cuya morfología era diferente a las hifas delgadas (fotos 25 a 28; Anexo) con arbusculos muy bien desarrollados de los cuales se observaron, aproximadamente, 3 tipos diferentes (se representan sólo dos, fotos 29 y 30; Anexo). Otros 3 tipos distintos de colonización también fueron encontrados los cuales diferían, notablemente, no en cuanto a su micelio interno sino a la producción de estructuras que más que vesículas formaban esporas en el interior de la raíz, pues sus características morfológicas correspondían a la de las esporas (de color ámbar claro, translúcidas pudiéndose observar el contenido de gotas lipídicas en su interior); las cuales unas eran afines a la tinción del colorante, (foto 31; Anexo), otras se teñían muy poco y las últimas no eran afines al colorante; aunque no se les podía observar la hifa de sujeción; el “Squash” de estas nos permitió observar paredes que recordaban a las de las esporas, las cuales presentaban color ámbar oscuro opaco (foto 32; Anexo), Este tipo de colonización se observó en las raíces más viejas (foto 33; Anexo).

Los diferentes patrones de colonización constituyen una muestra de la biodiversidad de esporotipos nativos que colonizaron las raíces de la planta hospedera, destacándose que la producción de esporas, dentro de la raíz, es un mecanismo de adaptación que se produce en zonas con un fuerte impacto ambiental o muy perturbadas, ya que éstas esporas, además de presentar paredes gruesas, se encontraban protegidas en el interior de las raíces, lo cual les provee de un resguardo para asegurar la sobrevivencia.

### **6.2.2.3 Morfología externa en el tratamiento con el HMA introducido (Mi)**

El micelio externo se encontró muy bien desarrollado y con una alta producción de esporas; constituido por hifas delgadas y, en la mayor parte, por hifas gruesas de  $15\mu\text{m}$  de grosor. Este micelio, desde el punto de vista cualitativo, se observaba muy abundante y con una gran resistencia; el micelio se advierte como una red tridimensional que sirve como barrera contra fitonemátodos, como mejorador de la estructura del suelo y en la creación de un edafoclima satisfactorio que favorece el desarrollo de microorganismos benéficos. Otra característica del micelio externo fue su efecto adhesivo (fotos 34 y 35; Anexo). En el micelio externo, además, se pudo observar el inicio de la esporulación, pues en él se presentaron las primeras esporas cuyas características morfológicas eran iguales entre sí, debido a que se trataba de un solo tipo de hongo. Estas esporas se encontraban en las partes apicales o en los extremos de las hifas, observándose esporas con diámetro inicial de 20 a  $40\mu\text{m}$ ; en algunas se observó el contenido lipídico y en otras ya se apreciaron las características morfológicas de la espora madura (foto 36; Anexo).

El hongo se desarrolló perfectamente con ésta planta hospedera la cual se encontraba, aproximadamente, a mediados de su ciclo biológico, lo que nos permitió considerar que el hongo se encontraba a finales de la fase Exponencial o principios de la fase estacional, indicándonos que hubo una sincronización en el desarrollo de los ciclos de ambos simbioses.

Es importante hacer notar que, respecto a su distribución, la colonización tanto interna como externa, en las raíces colonizadas fue muy homogénea. La colonización interna mantuvo su modelo o patrón morfológico igual en las diferentes raíces, ya que se distribuyó a todo lo largo de la raíz, con sus estructuras fungales muy organizadas y el micelio externo salía de la raíz, a intervalos de ésta, de puntos de los cuales se originaban mechones muy abundantes de micelio externo (foto 34; Anexo).



La colonización, sin embargo, no se desarrolló en todas las raíces ya que, así como habían raíces colonizadas a todo lo largo había, también, raíces carentes de colonización; razón por la cual el porcentaje de colonización disminuyó. No obstante, la colonización podría considerarse que alcanzó un 100%. Por otra parte, es importante destacar que los tratamientos tuvieron una influencia en la producción de las esporas ya que en el tratamiento (Mi) sus esporas se encontraban en un estadio más avanzado o evolucionado, que las de los tratamientos con fertilización, cuyas esporas mostraban características morfológicas menos maduras pero, aparentemente, en un mayor número. De igual manera, sería importante hacer un estudio, además de cualitativo, cuantitativo para poder ratificar lo antes mencionado.

#### **6.2.2.4 Morfología externa en los tratamientos con los HMA nativos (Mn)**

La población de éstos hongos produjo una densa cantidad de micelio externo con una gran diversidad de esporotipos (foto 37; Anexo). Los diferentes patrones de colonización interna se reflejaron en la biodiversidad de esporotipos producidos en el micelio externo observándose, aproximadamente, de 10 a 15 esporotipos. En ésta biodiversidad de esporas se pudieron encontrar esporas que se encontraban en el inicio de su desarrollo; es decir, sus características morfológicas aún no estaban bien definidas, esporas que se encontraban a la mitad de su desarrollo y otras al final, en estas últimas nos se pudo identificar el género. Entre los esporotipos que se pudieron observar estaban: (1) los que tenían un saco esporífero conectado lateralmente a la espora, con pared ornamentada, siendo éstas características típicas de las esporas pertenecientes a la familia Acaulosporaceae, (foto 38; Anexo); (2) con la hifa de sujeción en forma de bulbo dispuesta, algunas veces, inclinada y otras vertical; estas características son típicas de los esporotipos de la familia Gigasporaceae (fotos 39 y 40; Anexo). En el micelio externo también se pudieron observar células auxiliares cuya característica morfológica pertenecen a la familia Gigasporaceae (foto 41; Anexo); y (3) con la hifa de sujeción en forma recta o de embudo, cuya característica morfológica es típica de los esporotipos de la familia Glomaceae (foto 42; Anexo).

Los esporotipos aquí encontrados, contenían representantes de las 3 familias de hongos micorrízicos arbusculares antes señalados, los cuales también estaban presentes en el inóculo nativo utilizado, lo que nos indicó que éstos esporotipos son los dominantes y más frecuentes de la población del suelo de la localidad de Santa Catarina, y que estos mismos fueron los que formaron el inóculo (Mn) que se multiplicó en el suelo no esterilizado; de igual manera, es importante



mencionar, que la ausencia de vesículas en las raíces se puede explicar ahora, por la presencia de varios esporotipos, pertenecían a los géneros *Scutellospora sp.* y *Gigaspora sp.*, que no producen vesículas pero que están asociadas, en su micelio externo, a la presencia de células auxiliares (foto 41; Anexo) las cuales, al parecer, juegan el mismo papel que las vesículas. También algunos autores han mencionado que, algunas especies de *Acaulosporas sp.* y de *Glomus sp.*, tampoco producen vesículas. Por otra parte, se ha encontrado que algunos *Glomus sp.* producen esporas en el interior de la raíz como es *Glomus intraradices*; éste fenómeno, como ya se indicó anteriormente, se relaciona a una estrategia adaptativa del hongo en suelos muy perturbados por efectos antrópicos, de ahí que se hayan encontrado 3 diferentes esporotipos que producen esporas en el interior de la raíz.

Se pudo apreciar que el tipo de tratamiento influyó, desde un punto de vista cualitativo, en la cantidad y el tipo de esporas producidas, ya que en el tratamiento (q+mn) se observó una mayor cantidad de esporas del *Glomus mosseae.*, (fotos 37 y 42; Anexo), y en el tratamiento (c+mn) predominaron esporas de los géneros: *Acaulospora sp.* *Gigaspora sp.* y *Scutellospora sp.*, (fotos 38 a 41; Anexo). En el tratamiento (Mn+mn) se encontró la mayor biodiversidad de esporotipos y el mayor número de esporas con características morfológicas maduras en tanto que, en el tratamiento (cq+mn), la mayoría de las esporas se encontraban en las fases inicial e intermedia de su desarrollo, ya que la mayoría de las esporas aún no presentaban sus características morfológicas típicas.

#### **6.2.2.5 Comparación de la morfología micorrízica entre los tratamientos (Mi) y (Mn)**

En estos tratamientos, se encontró la etapa de madurez correspondiente a la fase meseta del hongo y a la parte media del ciclo biológico de la planta huésped. Se puede inferir que los hongos alcanzaron sus características morfológicas secundarias; de tal manera, que la comparación morfológica tiene una mayor validez. No obstante, como vimos en la etapa inicial, hubo diferencia entre ambas poblaciones, las cuales se volvieron más acentuadas en éste período, con base en los siguientes aspectos morfológicos: (1) el hongo introducido produjo 700% de incremento en su colonización; (2) el hongo nativo produjo un incremento de 300% en su colonización; (3) el hongo introducido reflejó su incremento de colonización en la alta densidad de vesículas producidas; (4) el hongo nativo aparentemente, incrementó su colonización alcanzando el 50% de la que se produjo con (Mi) debido a que su micelio, en la mayoría de los casos, era muy fino y sin vesículas; (5) (Mi) produjo un solo tipo de arbusculos; (6) (Mn) produjo, por lo menos, de 3 a 5 tipos diferentes de arbusculos; (7) (Mn) produjo esporas en el interior de las raíces; (8) (Mi) no produjo esporas en el

interior de la raíz sólo vesículas; **(9)** (Mi) produjo, en su micelio externo, solamente un esporotipo, el perteneciente al inóculo introducido; **(10)** (Mn) produjo una mayor cantidad de micelio externo que (Mi); **(11)** el micelio externo de (Mn) presentó una biodiversidad de esporas pertenecientes a 3 familias de HMA y **(12)** (Mi) solamente produjo un esporotipo. Como se pudo observar, la colonización producida por las poblaciones de HMA fueron totalmente diferentes en cantidad, densidad, morfología y distribución, así como en su efecto en la producción de biomasa de la planta huésped.

#### **6.2.2.6 Morfología interna y externa de los HMA de ambas poblaciones de hongos en el tratamiento (Mi+mn)**

Todas las raíces de las plantas que contenían la colonización micorrízica del hongo introducido (Mi) durante su desarrollo en el almácigo, después de 2.5 meses de su transplante en el suelo sin esterilizar, se observaron recolonizadas por los hongos nativos tanto desde el punto de vista cuantitativo como, morfológico o cualitativo.

Al respecto, las observaciones microscópicas nos permitieron corroborar que algunas raíces no solamente contenían la colonización de (Mi), sino también la micorriza nativa (Mn); (foto 43; Anexo), como se pudo observar por los rasgos morfológicos que se pudieron identificar y que a continuación se describen: **(1)** el análisis morfológico del tipo de colonización realizados entre (Mi) y (Mn) nos revelaron que (Mn) no produce vesículas en tanto que (Mi) si las produce, como se mencionó anteriormente; **(2)** el tratamiento (Mi+mn) nos permite observar, como en una misma raíz se presentaron los dos tipos de colonización donde una mitad de la raíz fue colonizada por (Mi) y la otra por (Mn) a intervalos (fotos 43 y 44; Anexo) y que, en algunas secciones, se puede observar la mezcla de ambas colonizaciones, pudiéndose diferenciar claramente los cordones hifales en forma de red de la (Mn) y sus arbusculos (foto 44; Anexo), y los cordones hifales paralelos con grandes vesículas y arbusculos pertenecientes a (Mi) (foto 43).

Estas observaciones nos indican 3 aspectos: **(a)** una clara compatibilidad entre ambas poblaciones de hongos micorrízicos; **(b)** que los hongos nativos son fuertemente colonizadores y competitivos aún cuando las raíces ya estaban colonizadas por los HMi, éstas también fueron recolonizadas por los HMn los que empezaron a desplazar a la (Mi), y **(c)** las raíces que no se encontraban colonizadas aún, fueron colonizadas al mismo tiempo por ambos hongos. Estos 3 puntos se reflejaron en un incremento en el porcentaje de colonización en (Mi+mn de 87%) con respecto a (Mn de 78%) y en

(Mi de 71%) de 11% y 22%, respectivamente. Se pudo observar que, cuando se combinaron ambas poblaciones micorrízicas, se incrementó la colonización, más no así la producción de biomasa que fue mayor cuando la (Mi) se encontraba sólo, como se mencionó anteriormente.

Por otra parte, también se vió reflejado el incremento en volumen del micelio externo ya que, desde el punto de vista cualitativo, se observó más denso que en los tratamientos (Mi) y (Mn) solos y, finalmente, el micelio de la (Mi+mn) contenía esporas de ambas poblaciones de hongos, observándose, desde un punto de vista cualitativo, una mayor cantidad de esporas en (Mn) que en (Mi).

El tratamiento (cMi+mn) fue, entre todos los tratamientos, con el que se obtuvo mayor porcentaje de colonización, con un 95%, ya que en las raíces colonizadas se presentó una alta densidad de diferentes estructuras de los hongos, como son; gran cantidad de arbusculos muy desarrollados, vesículas y micelio interno. En éste caso, resultó difícil identificar los elementos que constituyeron a los hongos micorrízicos, ya que se encontraba muy densa la colonización pero, sin lugar a duda, ambos hongos estaban presentes, mostrando una afinidad o compatibilidad entre ellos, ya que sus estructuras se observaban con buen desarrollo, las raíces se observaban en buen estado y contenían varios mechones de micelio externo muy abundante. La alta densidad de estructuras fungales en el interior de la raíz no alteraron su morfología externa, (no se observaron las esporas intrarradicales que antes se mencionaron en la colonización del inóculo de Mn), en tanto que destacó una gran densidad de arbusculos.

Todas esas características morfológicas favorables, se reflejaron en la mayor producción de biomasa que obtuvieron las plantas con dicho tratamiento. Por lo tanto, se concluye, que el dotar de nutrimentos adecuados al suelo de ésta zona de estudio, promueve que los HMA alcancen un equilibrio y maduración, viéndose reflejado en la alta densidad de número de arbusculos, vesículas, producción de esporas, y en la mayor biomasa de las plantas, lo cual es sinónimo de una buena traslocación de nutrimentos de los hongos hacia las plantas y una alta producción de fotosintatos de las plantas que nutrieron a los hongos, encontrándose además, un equilibrio entre la planta y las dos poblaciones de hongos. En lo que respecta al micelio externo, también en éste tratamiento, se obtuvo el mayor volumen de colonización externa producida, observándose diferentes tipos de hifas que contenían diferentes esporotipos.

Es importante mencionar que el estudio morfoestructural de la colonización de los hongos arbusculares es muy interesante y debe estudiarse, presentandose como objetivo el encontrar técnicas que permitan reconocer las diferentes colonizaciones causadas por cada esporotipo.

#### **6.2.2.7 Aspectos morfológicos de la colonización en los tratamientos sin inóculo de (Mn) y (Mi)**

Todos los tratamientos de los almácigos, después de haberse transplantado al suelo sin esterilizar (en las macetas durante 2.5 meses), mostraron diferentes grados de colonización por los hongos micorrízicos arbusculares nativos. Las observaciones morfológicas indicaron que las raíces no solamente fueron colonizadas por éstos hongos micorrízicos, ya que se pudieron observar, también, estructuras fungales que no pertenecen a los hongos micorrízicos y que sus características morfológicas más bien recuerdan a las estructuras de hongos parásitos, (fotos 45 y 46; Anexo).

Al respecto, se encontró que éstos hongos estuvieron más frecuentemente presentes en el tratamiento (T+mn) y menos frecuentes en los tratamientos fertilizados (c+mn; foto 49; Anexo), y (cq+mn y q+mn; foto 47; Anexo). Estas observaciones morfológicas permitieron distinguir, por lo menos, de 3 a 5 parásitos diferentes, de los cuales 3 eran internos (se representan dos en las fotos 45 y 46; Anexo) y 2 externos, (foto 48; Anexo). De igual manera, en el micelio externo de éstos tratamientos, se encontraba mezclado el micelio que no pertenecía a hongos micorrízicos (foto 48; Anexo).

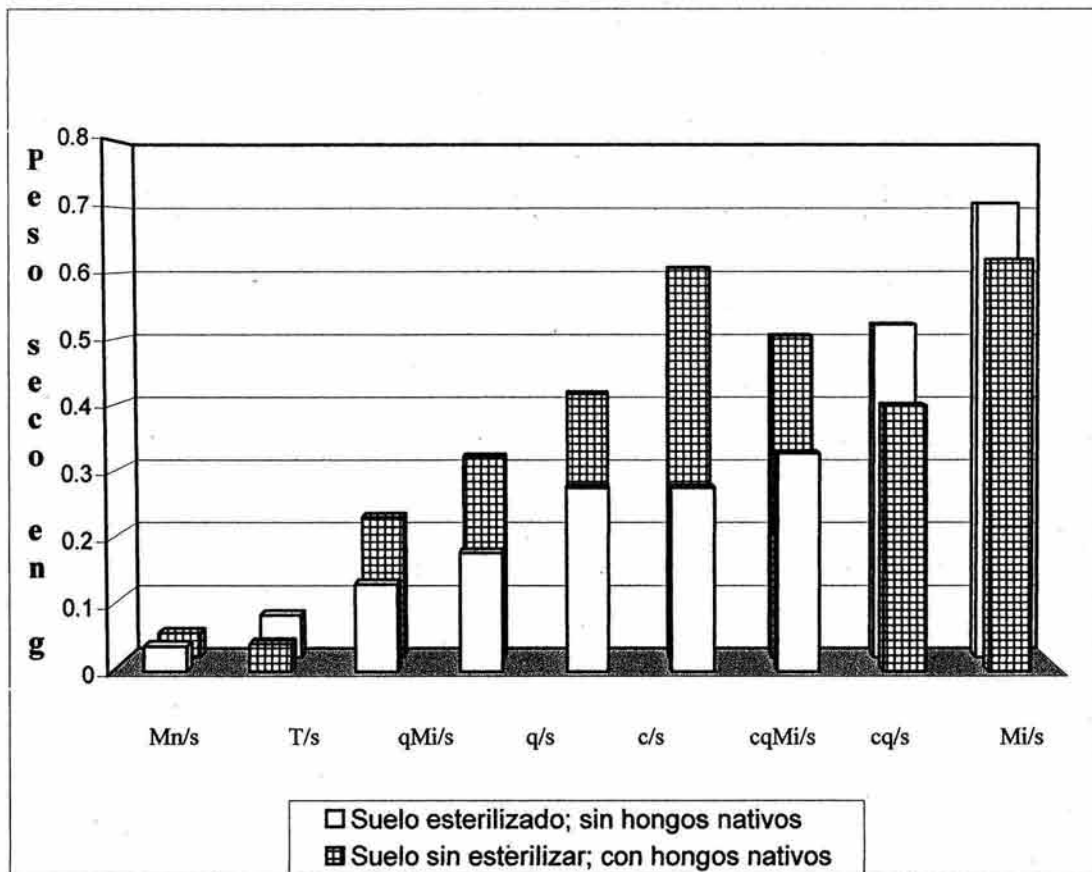
Estos resultados nos indicaron que, además de la existencia de hongos micorrízicos, también se presentaron organismos oportunistas y/o parásitos y que éstos pueden interferir en la simbiosis y confundir la evaluación cuantitativa del desarrollo micorrízico. Sobre este particular, en el tratamiento (T+mn) en el que se detectó con el método tradicional 65.79% de colonización, con un análisis microscópico más a fondo (que nos permitió discernir las estructuras fungales de los parásitos de las de los hongos micorrízicos) nos indicó un porcentaje de colonización real del hongo endomicorrízico del 50%. Por otra parte, se puede mencionar que las raíces fueron colonizadas casi al mismo tiempo o que, en algunos casos, los parásitos se adelantaron a la colonización micorrízica.

También se observaron varios tipos de fitonemátodos, (foto 50; Anexo). Dichos parásitos se detectaron, también en mayor grado en el tratamiento (T+mn) y, en menor grado, en los tratamientos (q+mn), (cq+mn), y (c+mn). Esto pudo deberse a un problema de estrés nutricional, es decir, en el

primer caso, se parasitaron más las plantas más susceptibles al ataque de parásitos ya que carecían de nutrimentos, en tanto que en las fertilizadas, las plantas mejor nutridas, presentaron una mayor resistencia a los parásitos lo que, además, coincidió con un mejor desarrollo de la micorríza nativa.

### 6.2.3 Rendimiento de biomasa del bulbo, producida por los tratamientos con hongos micorrízicos nativos (Mn) e introducido (Mi)

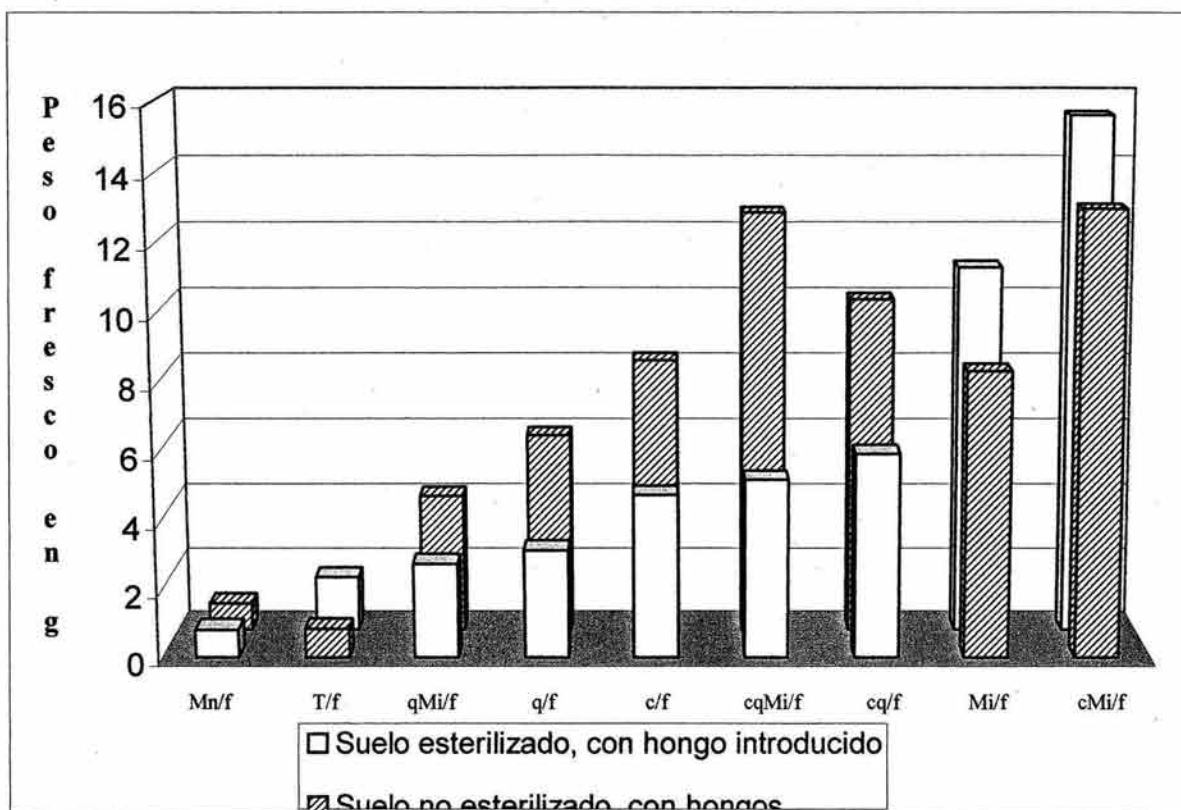
Los resultados obtenidos en el peso fresco y seco del bulbo, por el efecto del hongo micorrízico introducido (Mi) (suelo esterilizado) y nativos (Mn) (suelo no esterilizado) así como con y sin fertilización química u orgánica (composta) ó ambos, se aprecian en las gráficas 4 y 5, los cuadros 6 y 7, así como en las tablas 6 a 9 y la estadística 9 a 12 del Apéndice.



**Gráfica 4. Efecto de la inoculación con el hongo micorrízico introducido (Mi) en la producción la biomasa ( peso seco), en suelo esterilizado y sin esterilizar**

(Mn=hongos micorrízicos nativos; T=testigo; qMi= químico + hongo micorrízico introducido; q=químico; c=composta; cqMi=composta +químico + hongo micorrízico introducido; cq=composta+químico Mi=hongo micorrízico introducido; cMi= composta+ hongo micorrízico introducido). Nota. /S= peso seco





**Gráfica 5. Efecto de la inoculación con el hongo micorrízico introducido (Mi) en la producción de biomasa (peso fresco), en suelo esterilizado y sin esterilizar**

(Mn=hongos micorrízicos nativos; T=testigo; qMi= químico + hongo micorrízico introducido; q=químico; c=composta; cqMi=composta +químico + hongo micorrízico introducido; cq=composta+químico Mi=hongo micorrízico introducido; cMi= composta+ hongo micorrízico introducido). Nota. /f= peso fresco

**Cuadro 6. Peso fresco y seco del bulbo, en suelo esterilizado con hongo introducido, a los 3.5 meses.**

Repeti- ciones	Pf (Mn)	Ps	Pf (T)	Ps	Pf (qMi)	Ps	Pf (q)	Ps	Pf (c)	Ps	Pf (cqMi)	Ps	Pf (cq)	Ps	Pf (Mi)	Ps	Pf (cMi)	Ps
Maceta 3	0.367	0.018	1.157	0.047	2.160	0.097	2.973	0.170	4.187	0.230	4.020	0.237	5.556	0.307	9.950	0.457	14.830	0.623
Maceta 6	0.819	0.019	1.460	0.050	2.710	0.120	3.050	0.173	4.560	0.250	5.177	0.263	6.001	0.320	9.967	0.487	14.960	0.631
Maceta 9	0.892	0.024	1.620	0.060	2.733	0.130	3.120	0.183	4.617	0.290	5.343	0.273	6.170	0.320	10.390	0.497	15.326	0.750
Maceta 13	0.948	0.042	1.663	0.080	3.023	0.140	3.373	0.183	4.870	0.307	5.750	0.277	6.182	0.325	11.167	0.570	15.776	0.750
Maceta 15	1.091	0.086	2.233	0.093	3.293	0.173	3.427	0.187	5.817	0.310	6.020	0.337	6.194	0.373	13.203	0.583	16.120	0.783
<b>Prom. total</b>	<b>0.823</b>	<b>0.038</b>	<b>1.627</b>	<b>0.066</b>	<b>2.784</b>	<b>0.132</b>	<b>3.189</b>	<b>0.179</b>	<b>4.810</b>	<b>0.277</b>	<b>5.262</b>	<b>0.277</b>	<b>6.021</b>	<b>0.329</b>	<b>10.935</b>	<b>0.519</b>	<b>15.402</b>	<b>0.707</b>

**Cuadro 7. Peso fresco y seco del bulbo, en suelo no esterilizado con hongos nativos, a los 3.5 meses.**

Repeti- ciones	Pf Mn+mn	Ps	Pf T+mn	Ps	Pf qMi+mn	Ps	Pf q+mn	Ps	Pf c+mn	Ps	Pf cqMi+mn	Ps	Pf cq+mn	Ps	Pf Mi+mn	Ps	Pf cMi+mn	Ps
Maceta 1	0.681	0.021	0.671	0.035	3.064	0.163	5.329	0.222	7.466	0.307	11.267	0.501	9.732	0.484	7.173	0.338	11.690	0.524
Maceta 5	0.692	0.025	0.772	0.040	3.386	0.173	5.574	0.243	7.794	0.393	12.092	0.509	9.734	0.501	8.266	0.401	12.875	0.615
Maceta 8	0.864	0.028	0.857	0.043	4.536	0.244	5.784	0.300	7.991	0.407	12.899	0.608	9.835	0.502	8.316	0.407	13.066	0.637
Maceta 11	0.902	0.043	0.904	0.043	4.560	0.247	6.434	0.397	8.403	0.442	13.088	0.704	10.294	0.509	9.037	0.425	13.805	0.665
Maceta 14	0.963	0.071	1.051	0.052	4.958	0.268	6.449	0.401	9.129	0.508	13.386	0.714	10.328	0.515	9.198	0.432	13.894	0.665
<b>Prom. total</b>	<b>0.820</b>	<b>0.038</b>	<b>0.851</b>	<b>0.042</b>	<b>4.101</b>	<b>0.219</b>	<b>5.914</b>	<b>0.313</b>	<b>8.157</b>	<b>0.411</b>	<b>12.546</b>	<b>0.607</b>	<b>9.985</b>	<b>0.502</b>	<b>8.398</b>	<b>0.401</b>	<b>13.066</b>	<b>0.621</b>

Nota: cada repetición es el promedio de 3 plantas.

Mn=hongos endomicorrízicos nativos; T=testigo; qMi=químico+hongos endomicorrízicos introducidos; q=químico; c=composta; cqMi=composta + químico +hongos endomicorrízicos introducidos; cq= composta+químico; Mi= hongo endomicorrízico introducido; cMi= composta + hongo endomicorrízico introducido.

Tratamientos +mn, significa que se encuentran en combinación con hongos nativos del suelo original (sin esterilizar).



Los tratamientos que obtuvieron menor desarrollo de biomasa en peso fresco y seco del bulbo con respecto al testigo, en suelo original (T+mn), fueron los que se encontraban en suelo esterilizado, con inóculo de hongos micorrízicos nativos, (Mn) y en suelo no esterilizado, con hongos micorrízicos nativos del suelo (Mn+mn). Mientras que los que produjeron un mayor desarrollo de biomasa, fueron los tratamientos: (cMi), y (cMi+mn), (grafs. 4 y 5 así como cuadros 6 y 7).

El análisis de los resultados nos indicó que el tratamiento (Mn) con respecto al testigo (T) del suelo esterilizado, (sin hongos micorrízicos), presentó decrementos en el peso fresco y seco de 49 y 42%, respectivamente, y viceversa, el testigo (T) con respecto a (Mn) presentó porcentajes de incremento de 98 y 74%, respectivamente. Estos resultados, de acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 95 y 99%, indicaron que hubo diferencias significativas (estadística 9 a 12; Apéndice).

Por otra parte, es importante señalar que en el tratamiento esterilizado, con inóculo de hongos micorrízicos nativos, (Mn) respecto al tratamiento (Mn+mn), (que contenía inóculo de la micorriza nativa y al transplantarlo al suelo sin esterilizar, micorriza nativa reintroducida), produjo un porcentaje de incremento en el peso fresco y seco de 11 y 5%, respectivamente. Sin embargo, estos incrementos no fueron estadísticamente diferentes. Lo cual probablemente se debió a que se trata de los mismos hongos nativos, ya que ambos tratamientos produjeron el mismo porcentaje de colonización (78%), como ya se mencionó anteriormente.

Este porcentaje de colonización se considera alto, sin embargo, los resultados de producción de biomasa fueron los más bajos, por lo que se puede decir con certeza, que estos hongos son capaces de colonizar pero no son muy efectivos. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Mosse (1981); Harley y Smith (1983); Sieverding (1991); Palacios *et al.* (1991) y González (1996), en lo que respecta a que los hongos micorrízicos nativos pueden llegar a dar un bajo efecto "Potencial Micorrízico" debido a varios factores como: el efecto antrópico de las prácticas agrícolas; la naturaleza del suelo; el manejo de los cultivos; la especificidad y compatibilidad entre los hongos y la especie y/o variedad de planta hospedera. Estos autores sugieren que, en estos casos, es conveniente la introducción de hongos micorrízicos introducidos más efectivos. Por otra parte, Palacios *et al.* (1986) encontró porcentajes de colonización altos causados por hongos micorrízicos nativos; no obstante que el desarrollo de las plantas fue raquítrico y con síntomas claros de deficiencia de fósforo. De igual manera, han sido publicados resultados congruentes con lo ya discutido, por autores como Gerdemann, (1975) y Mosse, (1973) y (1975) que dejan claro que el

porcentaje alto de colonización no siempre significa un mayor efecto benéfico en la planta, ya que en ello influye la efectividad de los hongos y su compatibilidad con la planta. Esto último está de acuerdo por lo obtenido con el tratamiento, con el hongo micorrízico introducido, (Mi) ya que éste, con un porcentaje de colonización un poco menor (71%) en comparación al de los hongos nativos (Mn) con (78%), presentó una mayor producción de biomasa en peso fresco y seco, que los hongos nativos. De tal manera que (Mi) presentó un porcentaje de incremento, altamente significativo al 95 y 99% en peso fresco y seco de: 1,229 y 1,266% y de 1,382 y 1,342%, con respecto a los tratamientos (Mn), y (Mn+mn), respectivamente, (Estadística 9 a 12; Apéndice).

Los resultados obtenidos con los HMn, respecto a (T+mn) reafirmaron lo antes mencionado, ya que éstos hongos cuando presentaron una mayor colonización desarrollaron menor producción de biomasa, y viceversa una menor colonización correspondió con un mayor desarrollo de biomasa, ya que aún el testigo (T) que se desarrolló en el almácigo en suelo esterilizado (sin hongos micorrízicos), posteriormente, al ser transplantado a la maceta en el suelo no esterilizado, fue colonizado por los hongos nativos presentes alcanzando, en 2.5 meses de desarrollo, 66% de colonización contrastando con el 78% del tratamiento (Mn), que fue inoculado con los hongos nativos desde el almácigo y que, por tanto, tuvo 3.5 meses para el desarrollo de su colonización, de ahí que el resultado en peso fresco y seco en biomasa del bulbo, haya sido de: 0.82 y 0.038 g, respectivamente, en comparación con el tratamiento (T+mn) que fue de: 0.85 y 0.042 g, notándose que, a pesar de la diferencia en % de colonización, los valores en biomasa fueron casi iguales con porcentajes de incremento, de 4 y 10%, en peso fresco y seco, respectivamente.

Estos porcentajes de incremento son, probablemente, el reflejo de la diferencia del 12% de colonización entre el tratamiento (T+mn) y el (Mn); los cuales se correlacionan con lo obtenido en la estadística, ya que el tratamiento con inóculo de hongos micorrízicos nativos (Mn), con respecto al testigo sin micorriza (T) del suelo esterilizado, tuvo diferencias significativas. Por otra parte, al comparar (Mn) respecto a (T+mn) del suelo sin esterilizar no se detectaron diferencias significativas. Es importante señalar que el efecto negativo de los hongos micorrízicos nativos, se reflejó en los testigos; ya que el testigo del suelo esterilizado, sin hongos micorrízicos (T), con una producción de biomasa de peso fresco y seco de: 1.627 y 0.066 g, respectivamente, fue mayor a la del testigo del suelo sin esterilizar, con hongos micorrízicos nativos, (T+mn) que fue de: 0.851 y 0.0420 g, de peso fresco y seco, equivalentes a porcentajes de decremento de 48 y 36%, respectivamente. Visto de otra forma; (T) respecto a (T+mn), presentó un porcentaje de incremento

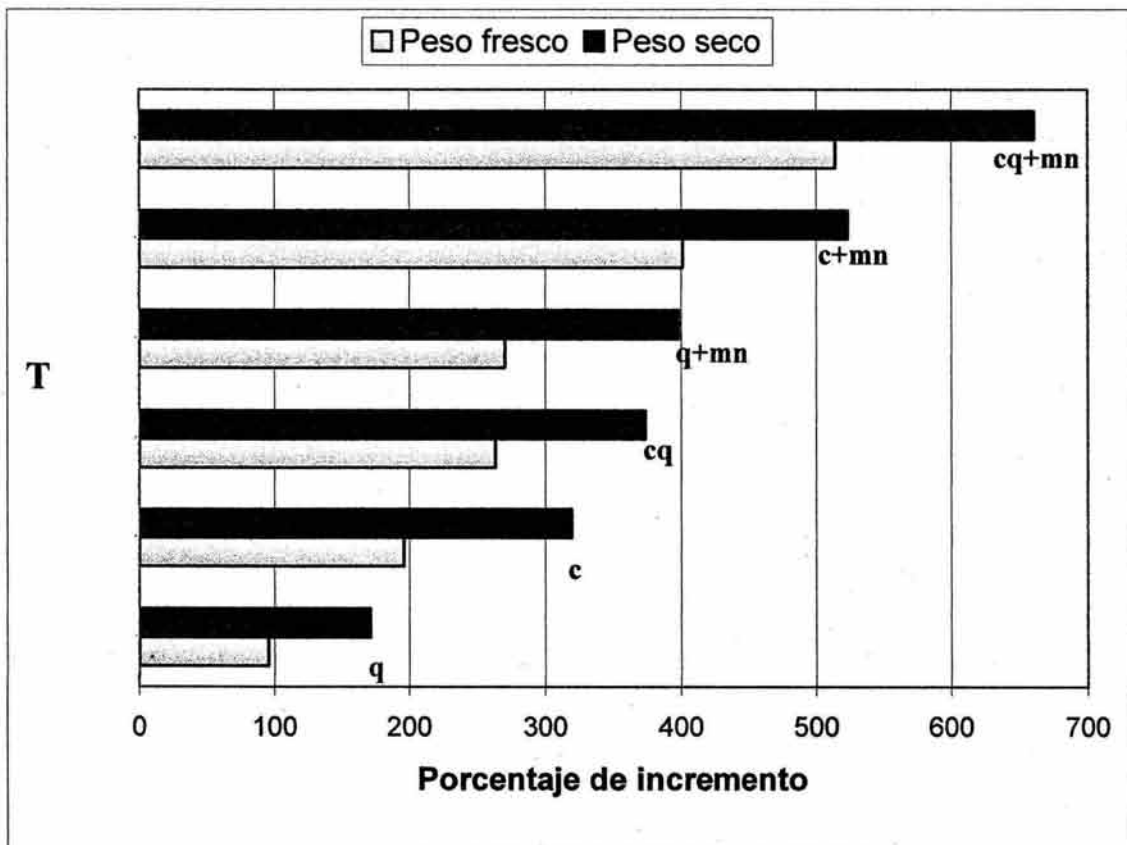
de 91 y 57% en peso fresco y seco, respectivamente. Sin embargo, es importante destacar que, los hongos micorrízicos nativos no siempre fueron negativos en el desarrollo del bulbo de la planta, ya que cuando la planta hospedera estuvo asociada a estos hongos, y se adicionó una fuente de nutrimentos, química u orgánica, y por tanto al haber un mejor balance nutricional entre la planta hospedera y los hongos nativos, se produjo un incremento; aunque nunca fue superior al producido por el hongo introducido.

Los incrementos alcanzados fueron los siguientes: con el tratamiento del suelo sin esterilizar, químico+ hongos micorrízicos nativos, (q+mn) con respecto al tratamiento del suelo sin esterilizar, con inóculo de hongos micorrízicos nativos + hongos micorrízicos nativos, del suelo (Mn+mn) se presentó un porcentaje de incremento en el peso fresco y seco de: 701 y 769%. En tanto que en los tratamientos (c+mn) y (cq+mn) los porcentajes de incremento en el peso fresco y seco fueron de: 1005 y 919% así como 1167 y 1230%, respectivamente, con respecto a (Mn+mn). Estos porcentajes de incremento, producidos por la fuente de nutrimentos, fueron muy relevantes, pero aún lo son más cuando comparamos estos mismos tratamientos, (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) en suelo sin esterilizar con sus homólogos en suelo esterilizado: (q), (c) y (cq) los cuales produjeron una biomasa en peso fresco de: 3.189, 4.810 y 6.021g y en seco de 0.179, 0.277 y 0.329g, respectivamente; siendo los valores, de los tratamientos en suelo sin esterilizar (q+mn), (c+mn) y (cq+mn), de: 5.914, 8.157 y 9.985 g en el peso fresco, y en seco de: 0.313, 0.411 y 0.502 g, respectivamente. En este caso, se obtuvo un porcentaje de incremento en el peso fresco de: 85, 69 y 66% y en el peso seco de: 75, 48 y 53%, respectivamente; los cuales, desde el punto de vista estadístico, tanto al 95 como al 99%, indican diferencias altamente significativas. Y, finalmente, para cuantificar el efecto benéfico total, tanto por el tipo de fertilización como por los hongos micorrízicos nativos; se comparó la producción de biomasa del testigo (T) contra la obtenida por los tratamientos (q), (c) y (cq) del suelo esterilizado, con respecto a los tratamientos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) del suelo no esterilizado, permitiendo medir el efecto neto de la disponibilidad y traslocación de los nutrimentos por el hongo a la planta hospedera, siendo los valores de incremento en los tratamientos (q), (c) y (cq) de: 96, 196 y 270%, en peso fresco del bulbo y los obtenidos para los tratamientos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) de: 263, 401 y 514%, respectivamente (gráfica. 6).

Como se pudo observar, los tratamientos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) fueron superiores, en la producción de biomasa, a los tratamientos (q), (c) y (cq). Los resultados del peso fresco con respecto a (T), antes mencionados, se confirman con lo obtenido, en el peso seco con (q), (c) y (cq),

en suelo esterilizado, que dieron 171, 320 y 398% y con (q+mn), (c+mn) y (cq+mn), en suelos no esterilizados, con 374, 523 y 660%, de incremento respectivamente, (gráf 6). En esta variable del peso seco, fue más evidente el beneficio de los hongos micorrízicos nativos en combinación con una fuente adicional de nutrimentos para la planta, en los tratamientos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn). Se observa con estos resultados que los hongos micorrízicos, aparentemente, se tornan más eficientes cuanto más rica en nutrimentos es la fuente de fertilización para la planta.

El análisis de estos resultados indica que, aparentemente, los hongos micorrízicos nativos no fueron tan efectivos en el mejoramiento del desarrollo de la planta huésped, pudiéndose observar este efecto en los tratamientos (Mn), (Mn+mn) y (T+mn). Estos resultados son congruentes, ya que estos suelos son muy pobres en nutrimentos y, además, poseen una alta capacidad de fijación de fósforo. No obstante, es importante resaltar que cuando hubo una fuente extra de nutrimentos en el suelo, los HMn respondieron positivamente, lo cual se reflejó en la producción de biomasa, como lo mostraron los tratamientos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn). En éste caso, los HMn respondieron mejor con el tratamiento (cq+mn).



**Gráfica 6. Porcentaje de incremento con respecto a (T), en suelo no esterilizado (con HMn) en comparación con estos mismos tratamientos en suelo esterilizado (sin HMn)**



Esta respuesta, probablemente, se debe a que estos hongos se han seleccionado a través del tiempo por el efecto antrópico del uso de agroquímicos; lo que nos indica una adaptación y/o capacidad de respuesta a la fertilización química. Sin embargo, cabe mencionar que tanto con el tratamiento (c+mn) como con el (cq+mn), la respuesta fue mucho mayor debido a que la composta mejoró la disponibilidad de nutrimentos para la planta.

Los resultados obtenidos en este trabajo son congruentes con los criterios de autores como Tamhane *et al.* (1978), Ortega (1981), y Aguilera, (1989), quienes han mencionado que la composta mejora las condiciones físicas del suelo, al reducir la erosión, formando agregados, favorecer la filtración del agua y su retención, permite que la temperatura del suelo sea más estable durante los cambios estacionales, y propiciar un mayor intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> presentándose una mayor aireación en el suelo. Además, las compostas son una fuente de energía para los microorganismos del suelo, y aumentan la disponibilidad del fósforo en los suelos ácidos ya que, al descomponerse, liberan compuestos como los citratos y oxalatos, entre otros que, al combinarse con el hierro y el aluminio a mayor velocidad que con el fósforo, permiten que el fósforo quede disponible. En este caso, los ácidos orgánicos contenidos en las compostas y el bióxido de carbono, ayudan a disolver los minerales liberando otros elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas; además de que ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos.

La composta, además de aportar al suelo macronutrimentos y micronutrimentos, incrementa la capacidad de intercambio catiónico total, (Ortega, 1981).

En cuanto a la fertilización química, los resultados obtenidos en éste trabajo coinciden con lo encontrado por Nelsen *et al.* (1981), al estudiar el efecto de plantas inoculadas con *Glomus etunicatum* a varios niveles de fertilización fosfórica, ya que detectaron que la fertilización química incrementó de 34 a 64% el peso fresco del bulbo. De igual modo, Mosse, (1972) indicó que las plantas micorrizadas fertilizadas con 0.5 g de fosfato/K de suelo, presentaron el mayor peso fresco.

Los incrementos alcanzados en éste trabajo fueron de 595% con el tratamiento (q+mn) con respecto a (T+mn). Por otra parte, los resultados de algunos autores, que han obtenido los máximos rendimientos con plantas inoculadas y fertilizadas con cantidades moderadas de N y P, son congruentes con los resultados de éste trabajo, (Menge, 1983; Mosse, 1973 y Smith *et al.* 1986).

En el caso del tratamiento con fertilización química (q), con una producción en peso fresco y seco de 3.19 y 0.18 g, respectivamente, dió porcentajes de incremento en peso fresco, con respecto a

los tratamientos (Mn+mn), (Mn), (T+mn) y (T), de: 332, 287, 275 y 96%, y en peso seco de: 397, 371, 326 y 171%, respectivamente. De acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 95 y 99%, el tratamiento (q) presentó diferencias altamente significativas (Estadística 9 a 12; Apéndice). Dichos resultados nos indicaron que la cebolla sembrada en los suelos estudiados (Phaeozems) de baja fertilidad requiere, necesariamente, de la aplicación de algún tipo de fertilizante o biofertilizante para poder desarrollar un bulbo de mayor peso fresco y seco, como se pudo ver al obtener 275 y 326%, más de incremento con respecto al tratamiento (T+mn). Este hecho se correlaciona con lo ya mencionado, de que los bulbos de cebolla extraen del suelo las cantidades nutrimentales siguientes: 143 Kg de N, 23 Kg de  $P_2O_5$  y 113 Kg de  $K_2O_5$ , por hectárea, Zink (1966).

La fórmula de NPK (140:60:00) Kg/ha, es la recomendada para la producción de bulbo de cebolla en la región poniente del Estado de Morelos CAEZACA, (1981); sin embargo, en éste trabajo, dada la pobreza del suelo en P, se aplicó una fertilización de (140:80:00). Al respecto, existen muchas discrepancias en relación a la respuesta de la cebolla a la aplicación de NPK; por lo que, para obtener los rendimientos máximos en el cultivo de cebolla, se ha requerido modificar las cantidades de nitrógeno y fósforo. En algunos casos, fórmulas altas en N (252 y 162 Kg/ha de N y P como  $P_2O_5$ ) han ocasionado una reducción del peso del bulbo (Shasha *et al.* 1976). Por otra parte, Henriksen, (1987) encontró los más altos rendimientos con 120 Kg N/ha y observó, además, que las plantas de cebolla que recibieron esta cantidad de N llegaron 9 días más pronto a la maduración fisiológica que aquellas que no recibieron ésta dosis. En éste mismo sentido, Villagran y Escaff, (1982) señalan que el tratamiento óptimo fisiológico es de 180 Kg de N y 80 de  $P_2O_5$ . Este resultado se logró con la misma dosis de fósforo aplicada en éste trabajo. Otros autores, (Shingh *et al.* 1984 y Hegde, 1986) consideran que la obtención de los máximos rendimientos del bulbo, se logran con la aplicación de 150 Kg N/ha y que cantidades superiores lo reducen. Edmond *et al.* (1967) y Kato *et al.* (1987) señalan que si el N en el suelo está presente en cantidades muy elevadas, el crecimiento vegetativo será excesivo y se formaran bulbos indeseables que carecen de calidad comercial. Aún y cuando los resultados de los autores mencionados anteriormente y los de éste trabajo no se puedan comparar directamente. La información nos indica una interacción: suelo-cultivo-fertilizantes; en suelos de muy baja fertilidad, y la adaptación de los hongos nativos al efecto del fertilizante.

Por otro lado, la composta (c), resulto mucho más favorable, ya que con ésta se obtuvo una producción en peso fresco de: 552, 484, 465, 196, 73, 51 y 17% y en el seco de: 669, 629, 559, 320, 119, 55 y 26%, con respecto a los tratamientos (Mn+mn), (Mn), (T+mn), (T), (qMi), (q) y



(qMi+mn), respectivamente. Mientras que el tratamiento (q+mn) presentó un porcentaje de decremento de 19 y 11%. Como se pudo observar, el tratamiento de la composta fue superior al séptimo tratamiento e igualó al octavo (q+mn). Ya que, desde el punto de vista estadístico al 95 y 99%, presentó diferencias altamente significativas con los seis primeros y significativas con el séptimo y el octavo, (estadística 9 a 12; Apéndice). Con estos resultados, se hace notar el sobresaliente efecto benéfico de la composta, sobre el desarrollo de las plantas de cebolla, el cual fue mucho más acentuado cuando se combinó con el hongo micorrízico introducido en los tratamientos (cMi) y (cMi+mn), como se aprecia en los cuadros 6 y 7 y en las gráficas 4 y 5.

El hongo micorrízico introducido, *Glomus mosseae*. (Mi); resultó ser mucho más eficiente, en el desarrollo del bulbo, que los hongos micorrízicos nativos (Mn), la fertilización química (q), y que la composta (c), así como la combinación de ambos, fertilizantes, e incluso más que otras combinaciones, ya que superó a 14 tratamientos; fue muy similar al tratamiento (cqMi+mn), y solo fue superado por los tratamientos, (cMi +mn) y (cMi).

Del mismo modo, el hongo micorrízico introducido (Mi), en suelo esterilizado, desarrolló una biomasa de peso fresco y seco de: 10.935 y 0.519g respectivamente, lo que le representó porcentajes de incremento en el peso fresco de: 1,229, 570, 243, 127 y 82% y en el seco de: 1,266, 686, 184, 87 y 58%, con respecto a los siguientes tratamientos, en suelo esterilizado: (Mn), (T), (q), (c) y (cq), respectivamente y, con respecto a los tratamientos en suelo sin esterilizar, el incremento en peso húmedo con: (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) fue de: 85, 34 y 9%, en tanto que en seco fue de: 66, 26 y 9% respectivamente. Los tratamientos (Mn+mn), (T+mn) en suelo sin esterilizar fueron iguales al (Mn) en suelo esterilizado, debido a que ambos tratamientos contenían los mismos hongos nativos.

El efecto positivo de la (Mi) fue mucho más alto en suelo esterilizado, que en suelo sin esterilizar; las diferencias fueron altamente significativas al 99% de confiabilidad, (Estadística 9 a 12; Apéndice). Con respecto a los tratamientos sin esterilizar, solo hubo diferencias significativas con los tratamientos (q+mn), (c+mn) y no hubo diferencias significativas con (cq+mn). Estos resultados se correlacionan con el tipo de fertilizante, combinación, grado de colonización y esporotipos de hongos micorrízicos nativos que participaron en la colonización, ya que con los tratamientos, en suelo esterilizado, (Mi), (Mn), (T), (q), (c), (cq), y en suelo sin esterilizar, (T+mn), (Mn+mn), (q+mn), (c+mn) y (cq+mn) alcanzaron porcentajes de colonización de: 76, 78, 0, 0, 0% y 66, 78, 81, 81 y 81%, respectivamente. Estos resultados permitieron apreciar la notable correlación entre las

variables: % de colonización, % de esporotipos, diámetro, peso fresco y seco del bulbo, y el tipo de fertilización (q) y (c). Es necesario remarcar dos resultados importantes: (1) que los hongos nativos respondieron positivamente ante la adición de una fuente de nutrientes (q) y (c); la respuesta de los hongos nativos fue en el estímulo positivo del desarrollo de la biomasa de la planta hospedera; por otra parte, tenemos que, debido a que los tratamientos del suelo esterilizado, (T), (q), (c), (cq), no presentaron colonización, su producción de biomasa fue más baja que la de los tratamientos colonizados por los hongos nativos (q+mn), (c+mn) y (cq+mn); y (2) que el hongo micorrízico introducido (Mi) resultó tan eficiente o mejor que la fertilización química u orgánica, al grado de que podría sustituir a estas dos fuentes de nutrientes aún con la presencia de los hongos nativos, como se observó en el tratamiento (cq+mn), que fue el mejor tratamiento de la combinación fertilizada y hongos nativos, ya que (Mi) lo superó con un porcentaje de incremento del 9.5%. Esto se refuerza aún más cuando comparamos los tratamientos (cq+mn) y (Mi+mn) en los que, de acuerdo a la prueba estadística de Tukey, al 99%, entre los pesos frescos no hubo diferencias significativa y, con respecto a los pesos secos, las diferencias solo fueron significativas, en tanto que entre (cq+mn) y (Mi) no hubo diferencias significativas, lográndose con (Mi) un porcentaje de incremento de 30% con respecto a (Mi+mn), resultando diferencias altamente significativas. Finalmente, (Mi) presentó diferencias altamente significativas con el tratamiento (cq), ya que el porcentaje de incremento fue de 82 y 58% en el peso fresco y seco, respectivamente (Estadística 9 a 12; Apéndice).

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Palacios *et al.* (1991) quienes publicaron incrementos en el peso fresco del bulbo de 94, 171, y 278% en suelos clasificados como: Cambisol, Andosol y Leptosol, con respecto a los tratamientos con fertilización fosfatada. Según estos autores, los tratamientos más favorables se hicieron en los suelos Cambisol y Leptosol, en los cuales los hongos micorrízicos permiten disminuir o suprimir la aplicación del fósforo, aún y cuando estos suelos son muy deficientes en este elemento.

Por otra parte, se pudo observar que el hongo micorrízico introducido (Mi), fue afectado por la fertilización química. Dependiendo del tipo de fertilización a la que se ha adaptado el hongo nativo, pudo presentarse antagonismo o sinergismo, como a continuación lo revelaron los resultados con los siguientes tratamientos: (Mi) con peso fresco de 10.935 y seco de 0.519 g, y el tratamiento (qMi) con 2.784 y 0.132 g, en este caso, la fertilización química significó un efecto negativo sobre la efectividad del hongo introducido, que se tradujo en un decremento de 293% en ambas variables

que, de acuerdo a la prueba estadística al 99%, fue altamente significativo. El que el hongo micorrízico introducido haya quedado totalmente anulado por el fertilizante químico, se corroboró al comparar el tratamiento (qMi) con (q) ya que, entre ambos tratamientos, no hubo diferencia significativa, pues ambos presentaron una producción de biomasa casi igual en ambas variables. Lo mismo se pudo apreciar al comparar (qMi), con una biomasa en peso fresco de 2.784 y en seco de 0.132 g, con (qMi+mn) y con una producción de peso fresco de 4.101 y en seco de 0.219g, observándose claramente un porcentaje de incremento de 47 y 66%, respectivamente, lo que indica la afinidad de la fertilización química con los hongos nativos; mientras que si comparamos a (qMi+mn) con (q+mn) en el cual esta ausente el hongo introducido y donde la producción fue de 5.914 y 0.313 g, con porcentajes de incremento de 44 y 43% correspondientes a (q+mn), sin hongo introducido, y a (qMi+mn), con el hongo introducido. Más evidente se hace éste efecto si comparamos (q+mn) con (qMi) resultando (q+mn) con un porcentajes de incremento de 112 y 137% en peso fresco y seco, respectivamente.

Los resultados, antes mencionados reflejaron tres aspectos: (1) que la fertilización química anuló al hongo micorrízico introducido, que no esta adaptado a este tipo de fertilización; (2) que la fertilización química estimuló a los hongos micorrízicos nativos, los cuales están adaptados a este tipo de fertilización, y (3) que la fertilización química más los hongo micorrízico nativos, se vieron probablemente afectados por la presencia del hongo introducido, de tal manera, que se observa un antagonismo entre ambos hongos. Resultados opuestos fueron encontrados por Jaime, (1991) ya que el encontró que la aplicación de 60 Kg de  $P_2O_5$ /ha, no fue significativo en el peso fresco del bulbo; probablemente debido a que se uso suelo calcáreo que fija el P, además de que los hongos nativos de esos suelos no respondieron a dicha fertilización.

Por otra parte, Kruckelmann, (1975) menciona que en los suelos arcillosos la aplicación de la fertilización (NPK) disminuyó la presencia de hongos micorrízicos, y que el efecto fue más negativo con la fertilización (NPK MgNa) así como con la fertilización de nitrógeno más abono. De igual manera, este autor mencionó que el número de esporas puede ser fuertemente influenciado por las prácticas agrícolas y por la susceptibilidad o la dependencia del tipo de cultivo a la micorriza. Al respecto, se ha encontrado una diferente cantidad de esporas y esporotipos para diferentes cultivos detectándose que, en el cultivo con menor cantidad de agroquímicos, la biodiversidad de esporotipos fue mayor, no así la cantidad de esporas pero, cuando los agroquímicos fueron aplicados en mayor cantidad, se encontró una menor biodiversidad pero un mayor número de esporas (González, 1996).

De acuerdo con lo antes discutido, Sieverding (1991) menciona que es conveniente realizar un análisis de la efectividad de los hongos micorrízicos nativos, ya que éstos pueden resultar no ser efectivos en suelos con alto impacto antrópico. Palacios *et al.* (1986) encontró que los hongos micorrízicos nativos, produjeron una alta colonización en cebolla, variedad *Cojumatlán*, sin embargo, esta se reflejó en diferencias significativas en el peso fresco de la cebolla. Esto nos indica que la aplicación de agroquímicos, a largo plazo, puede llegar a afectar la efectividad de los hongos micorrízicos, creándose una fuerte dependencia a la fertilización química de ahí que, en suelos de baja fertilidad, se requiere la aplicación de fuentes adicionales de nutrimentos para poder desarrollar un bulbo de mayor peso y, aún mejor, propiciar el desarrollo de hongos micorrízicos efectivos, con un adecuado balance de fertilización y, en el mejor de los casos, una fertilización orgánica.

Finalmente, el tratamiento fertilizado (q), con respecto al tratamiento fertilizado e inoculado (qMi), permitió obtener un 14% de incremento en el rendimiento de peso fresco del bulbo. De acuerdo a la prueba de Tukey al 99%, no hubo diferencias significativas, por lo que ambos tratamientos resultaron iguales; lo que nos indica, una vez más, que la fertilización química no siempre favorece al hongo micorrízico introducido, como lo encontraron otros autores (Mosse, 1972 y 1973; Menge, 1983; Khan, 1980; Nelsen *et al.* 1981; Smith *et al.* 1986) y que, por el contrario, la fertilización química fosfatada puede afectar drásticamente al hongo micorrízico introducido, pero, en otros casos, favorecer de manera moderada a los hongos nativos, (Kruckelmann, 1975 y Gerdemann, 1975).

Se ha encontrado que los hongos micorrízicos arbusculares nativos pueden no ser efectivos pero si invasivos. Esto puede deberse a que los hongos son diferentes en su habilidad para incrementar el crecimiento de las plantas por lo que, frecuentemente, los hongos introducidos pueden ser mejores que los nativos, Palacios *et al.* (1986). De igual manera, se ha llegado a considerar que si bien los introducidos pueden ser mejores que los nativos, Abott y Robson, (1978), y Mosse (1981), ello se relaciona con los problemas que implica la experimentación de campo, para la selección de hongos efectivos, así como su establecimiento en competencia con los hongos micorrízicos nativos (Sieverding, 1991). Se ha mencionado que puede haber un cierto grado de incompatibilidad o de una mayor afinidad entre plantas, y que esto puede llegar a observarse aún entre variedades, por ejemplo de cebolla (Palacios *et al.* 1987) o bien que las interacciones entre los simbiontes y el medio ambiente, ocurran de una manera diferente según el tipo de suelo (Mosee, 1972 y 1975). En éste sentido, se ha sugerido que puede haber preferencias de un endófito o de una determinada planta



hospedera (Mosse, 1981; Powell y Daniel, 1978); o que algunas plantas responden de una manera diferente según la especie de hongo (Powell 1975; Stribley *et al.* 1980); también se sugiere, como una explicación a este efecto negativo, que la colonización micorrízica despoja a la planta de una parte del fotosintato, siendo usado por el hongo mismo.

Es importante señalar que cuando el hongo micorrízico introducido, compite con los hongos micorrízicos nativos, al colonizar la misma raíz de la planta huésped, y si no hay una fuente de fertilización que proporcione los nutrientes necesarios para la planta, se puede producir un antagonismo entre ambos tipos de hongos, nativos e introducido, como se pudo observar en el tratamiento (Mi) con una producción de peso fresco de: 10.935 y seco de 0.519 g, en tanto que en el tratamiento (Mi+mn), fue de 8.398 y 0.401g, en donde compitieron dichos hongos, observándose una disminución del 30 y 29% en el peso fresco y seco, respectivamente. Sin embargo, cuando se adicionó una doble fertilización, se observó que los hongos entraron en sinergismo, como se observó en el tratamiento (cqMi+mn) ya que en éste, la producción presentó un porcentaje de incremento de 49 y 51% en el peso fresco y seco con respecto a (Mi+mn). Este sinergismo se hace evidente nuevamente cuando comparamos el tratamiento (cqMi+mn) con el cual se obtuvo un porcentaje de incremento en peso fresco de 26 y seco de 21%, con respecto al peso fresco y seco del tratamiento (cq+mn) donde está ausente el hongo introducido (cuadro 7).

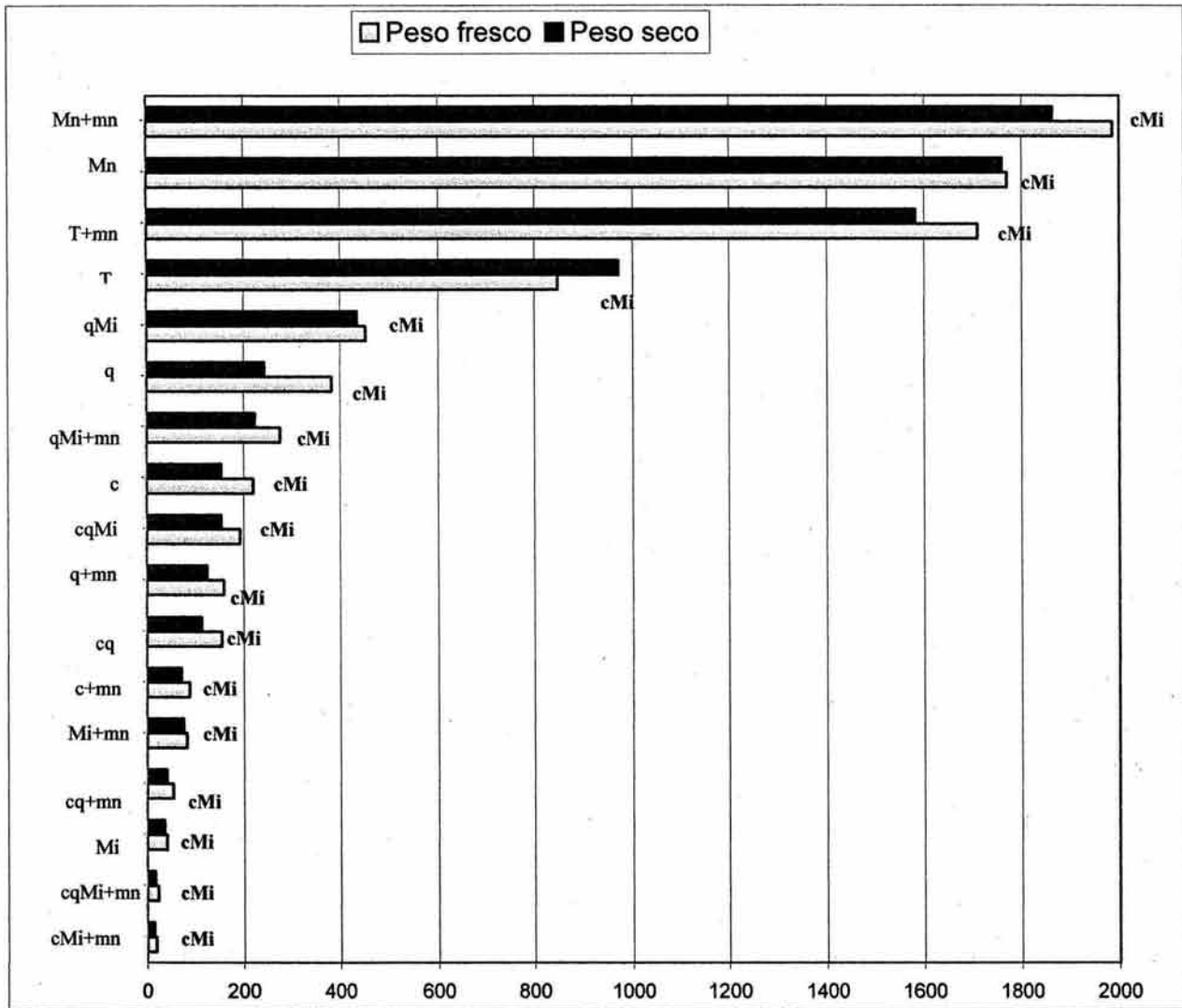
La comparación de los resultados obtenidos con estos cuatro tratamientos, concuerda con lo propuesto acerca del comportamiento de los hongos y su interacción con la fertilización. Al respecto, Palacios *et al.* (1986) y (1987), indicaron que hongos nativos de suelos de origen volcánico, fueron altamente infectivos, y no fueron efectivos aún y cuando se añadiera una fuente de nutrientes (fertilización) al suelo, puesto que las plantas mostraban síntomas de deficiencia de fósforo y escaso desarrollo. Además, mencionaron que de los cuatro aislados de hongos micorrízicos introducidos, dos funcionaron incrementando la producción de biomasa, de manera estadísticamente significativa con respecto al testigo, en las dos variedades de cebolla que utilizaron, una de ellas es la misma que se utilizó en este trabajo, la “variedad Cojumatlán”, la cual fue la que mayor colonización produjo y dio la mayor respuesta. Del trabajo de éstos autores resaltan el efecto diferente de los hongos introducidos de los cuales destaca *Glomus fasciculatum*, por su gran efectividad, en tanto que, los aislados de hongos no efectivos fueron *Glomus caledonium* y *Gigaspora margarita*. Estos trabajos coinciden con el presente trabajo en; (1) suelos de origen volcánico muy pobres en nutrientes, con una alta capacidad de retención de fósforo; (2) el uso de

hongos micorrízicos introducidos, en competencia con hongos nativos; (3) la misma planta hospedadora cebolla variedad “Cojumatlán”; (4) porcentajes de colonización altos en ambos tipos de hongos; (5) un hongo introducido que resultó altamente efectivo con una buena capacidad colonizadora; (6) *Glomus fasciculatum* y (7) fertilización nitrogenada. Y no coincide en; (1) la fertilización fosfatada; (2) los esporotipos de los hongos nativos y (3) la ineficiencia de los hongos nativos. Aunque cabe aclarar en este último punto, que la falta de la fertilización fosfatada no nos permitió apreciar la capacidad de respuesta de los hongos nativos frente a una fuente de “P” ya que, como sucedió en los resultados de ésta tesis, cuando se añadió nutrimentos al suelo, estos produjeron una respuesta de las plantas.

Finalmente, el tratamiento, en suelo esterilizado e inoculado con el hongo micorrízico introducido más composta (cMi), resultó ser el mejor de todos los tratamientos, ya que produjo la mayor biomasa en peso fresco y seco del bulbo y obtuvo los mayores porcentajes de incremento que fueron: 1,771, 847, 453, 383, 220, 193, 156 y 41% en peso fresco; y en seco de; 1,760, 971, 436, 243, 155, 155, 115 y 36%, con respecto a los tratamientos, en suelo esterilizado: (Mn), (T), (qMi), (q), (c), (cqMi), (cq) y (Mi), respectivamente. Y, comparando con los tratamientos, en suelo sin esterilizar: (Mn+mn), (T+mn), (qMi+mn), (q+mn), (c+mn), (Mi+mn), (cq+mn), (cqMi+mn) y (cMi+mn), los incrementos fueron de: 1,987, 1,710, 275, 160, 89, 83, 54, 23, y 18% en peso fresco, y de: 1,864, 1,583, 223, 126, 72, 76, 41, 16, y 14% en peso seco, respectivamente, (gráfica 7). De acuerdo con la prueba estadística de Tukey al 99%, el tratamiento (cMi) tuvo diferencias altamente significativas con respecto a todos los tratamientos en peso fresco y en seco, excepto con los tratamientos (cqMi+mn) y (Mi+mn), con quienes tuvo diferencias significativas en el peso seco (estadística 9 y 11; Apéndice). Es muy interesante, el análisis de los resultados con los tratamientos: (Mi+mn), (cq+mn), (cqMi+mn) y (cMi+mn), ya que fueron los que dieron la menor diferencia en porcentajes de incremento, con respecto a (cMi). Estos resultados nos muestran tres hechos: (1) estos últimos cuatro tratamientos, están involucrados tanto con la aplicación de composta y el hongo micorrízico introducido, como con los nativos; (2) en cuatro tratamientos, se combinan la composta y/o el hongo micorrízico introducido, y (3) éstos cuatro tratamientos tienen en común su competencia con los hongos nativos; a diferencia del tratamiento (cMi) en el cual están ausentes. Los análisis estadísticos al 95% nos indicaron que: (a) entre los tratamientos (Mi+mn) y (cq+mn) no hubo diferencias significativas; (b) que los tratamientos (cqMi+mn) y (cMi+mn) tampoco tuvieron diferencias significativas entre ellos; y (c) que los tratamientos (cqMi+mn) y (cMi+mn), con respecto a (Mi+mn) y (cq+mn), presentaron diferencias altamente significativas. La



comparación de estos tratamientos y sus resultados, nos indica finalmente, que de todos los tratamientos los tres mejores fueron: (cMi+mn), (qcMi+mn) y (cMi), (Tablas 6 a 9; Apéndice). En estos tratamientos, no varió la inoculación con el hongo introducido y varió la presencia de los hongos nativos y la adición de composta.

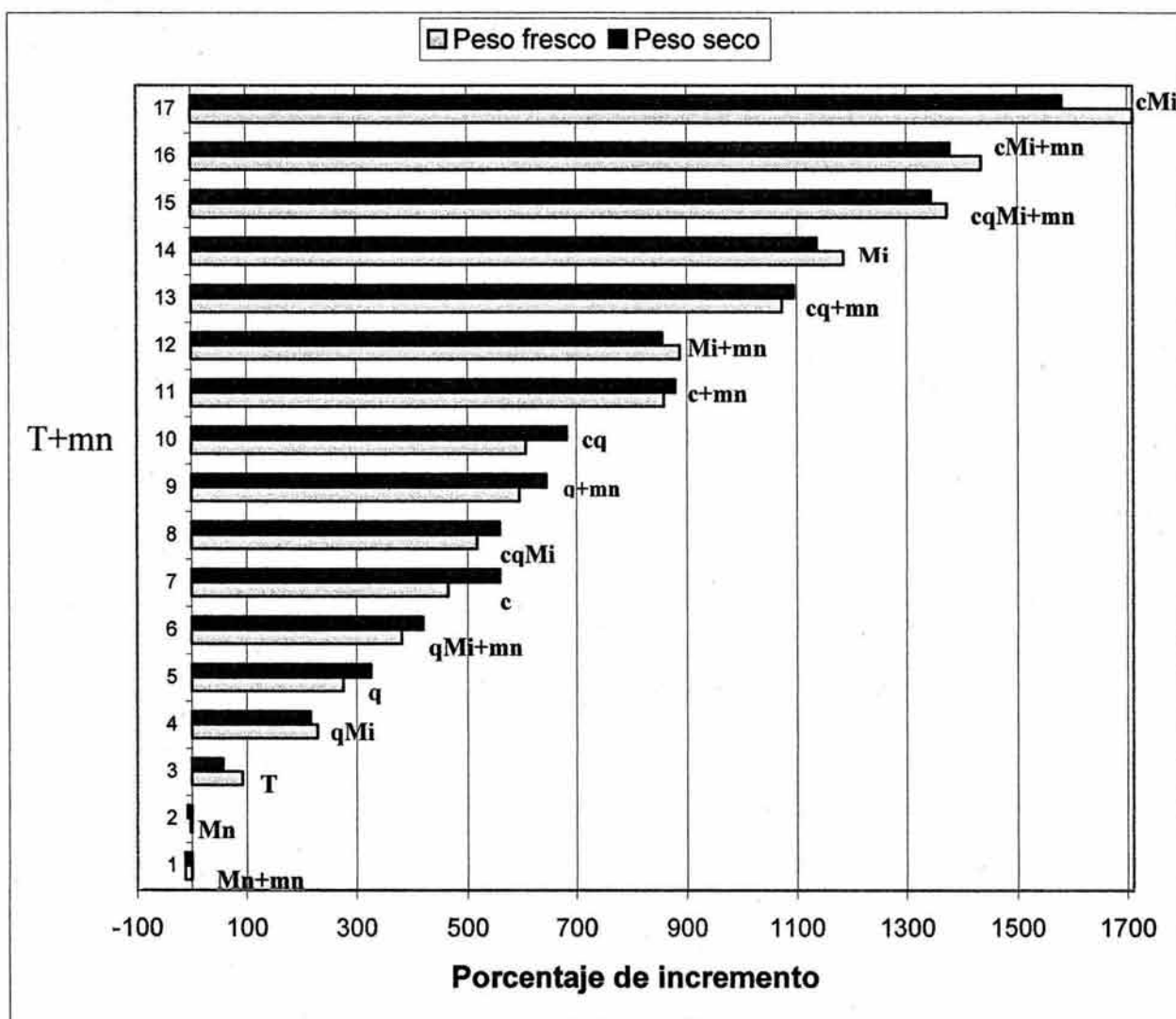


**Gráfica 7 Porcentaje de incremento de (cMi) con respecto a los demás tratamientos**

El tratamiento (cMi), fue el que mayor biomasa produjo, (dicho tratamiento es evaluable sólo en las etapas de semillero en el invernadero, ya que al ser transplantado al campo pasaría a ser el tratamiento (cMi+mn), con porcentajes de incremento para el peso fresco y seco de 1,435 y 1,379% con respecto al testigo (T+mn), (graf. 8). Los resultados nos indican que el tratamiento (cMi+mn) fue el más favorable para la producción de cebolla en éstos suelos. Al respecto, se ha encontrado en experimentos con cebolla, que el tratamiento de vermicomposta con hongos micorrízicos

arbusculares introducidos fue, entre otros tratamientos, el que, significativamente, produjo el mayor desarrollo, con incrementos de 1339 y 735% en el diámetro del bulbo y el diámetro del pseudotallo, respectivamente; en el peso fresco de la planta y del bulbo de 112 y 423%, respectivamente, y en el peso seco de la planta hasta un 6670% con respecto al testigo, (Manjarrez, 1997).

Por otra parte, Rothwell, (1984), menciona que los nutrimentos aplicados en forma orgánica en la rizósfera de las plantas en desarrollo, estimulan el crecimiento de diversas poblaciones microbianas, entre ellas a los hongos micorrízicos arbusculares. En éste sentido, se ha encontrado que las raíces de *Yuca* fueron más intensamente colonizadas por hongos micorrízicos cuando se adicionó materia orgánica composteada (Sieverding, 1991). Asimismo, se ha detectado que la cantidad de hifas fue mayor en tratamientos que contenían materia orgánica a diferencia de aquellos que sólo contenían arena (St. John *et al.* 1983). De igual manera, los resultados antes discutidos, concuerdan con lo mencionado por Tamhane *et al.* (1978); Ortega, (1981); y Hayman, (1981) con respecto al beneficio que proporciona la composta al desarrollo de las plantas.



**Grafica 8. Porcentaje de incremento con respecto a (T+mn)**

#### **6.2.4 Rendimiento de biomasa del follaje, producida por los tratamientos con hongos micorrízicos nativos (Mn) e introducido (Mi)**

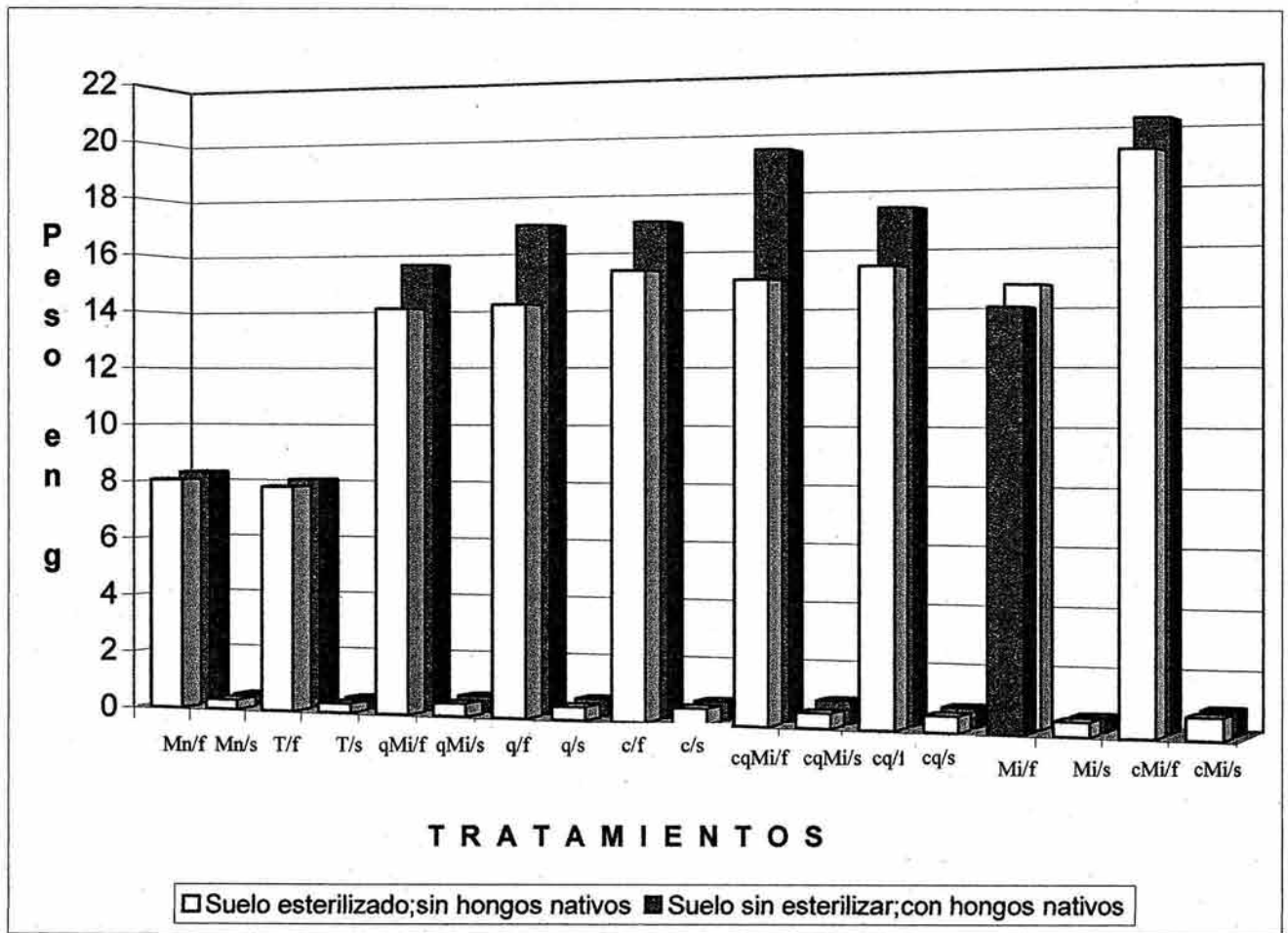
En cuanto a la producción de follaje, se pudo observar que todos los tratamientos en suelo esterilizado, en comparación con sus homólogos en suelo no esterilizado, tuvieron un menor rendimiento, (con la excepción del tratamiento (Mi), el cual fue mayor a la del tratamiento del suelo no esterilizado (Mi+mn), y al de los tratamientos (T), (T+mn), (Mn) y (Mn+mn) los cuales obtuvieron la misma producción de follaje, tanto en peso fresco como en seco por lo que, estadísticamente, no hubo diferencias significativas. Estos mismos tratamientos fueron los que menor producción tuvieron, en tanto que, los que más produjeron fueron los tratamientos:

(cMi+mn), (cqMi+mn) y (cMi) los cuales tuvieron diferencias altamente significativas al 99% de confiabilidad, con respecto a todos los demás tratamientos, (Estadística 13 a 16; Apéndice). Estos resultados se correlacionan con los valores en peso fresco y seco del bulbo, obtenidos con los mismos tratamientos antes mencionados, así como con el porcentaje de colonización, observándose que a una mayor colonización correspondió, en general, con una mayor producción de biomasa. En éste caso, el tratamiento (cMi+mn) fue el de mayor producción y mayor colonización como se observó también en las variables anteriores (Gráfica 9, Cuadros 8 y 9, Tablas 10 a 13 y Estadística 13 a 16 del Apéndice).

#### **6.2.4.1 Respuesta del hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn) en combinación con la fertilización química**

Es importante señalar el comportamiento del hongo introducido y los nativos con respecto a la fertilización química, ya que como veremos; los tratamientos, en suelo esterilizado, (qMi) y (q) tuvieron la misma producción de follaje y produjeron porcentajes de incremento en peso fresco y seco de alrededor de 79 y 44%, respectivamente, con respecto al testigo (T). Estadísticamente, estos porcentajes, presentaron una diferencia altamente significativa en fresco y significativa en seco. No obstante, entre los dos tratamientos (qMi) y (q), en términos numéricos, no hubo diferencias significativas, lo cual nos indicó que la efectividad del hongo micorrízico introducido fue disminuida por el efecto negativo que causa el fertilizante químico sobre éste hongo. Este efecto ya se había detectado anteriormente, tanto en la variable del porcentaje de colonización como en el peso fresco y seco del bulbo, con lo que se confirma que la fertilización química no es favorable para algunos hongos micorrízicos (Kruckelmann, 1975 y Sieverding, 1991). Sin embargo, el efecto de la fertilización química sobre (Mn y/o mn), fue positivo, pues el porcentaje de incremento fue de 8.5% en peso fresco del tratamiento (q+mn) respecto a (qMi+mn), observándose que, en ausencia de Mi, el efecto positivo se hizo más evidente. De igual manera, se pudo observar con los resultados obtenidos de los tratamientos (qMi) y (q) que (Mi) perdió 5% de incremento cuando se encontró como el tratamiento (qMi) y, éste último, con respecto a (q) no presentó diferencias. Se observó algo parecido con el tratamiento (qMi+mn) con respecto a (qMi), el cual presentó incrementos en peso fresco y seco de 11 y 18%, respectivamente, y el tratamiento (q+mn) con respecto a (q) de 20 y 23%, respectivamente. Por lo que la combinación de estos tratamientos nos reveló, una vez más, el efecto positivo del fertilizante químico para los hongos nativos, y negativo para el hongo introducido. Al respecto, Nelsen *et al.* (1981), Smith *et al.* (1986), Nelsen y Safir *et al.* (1972) y Mosse (1972), mencionan que, a diferentes niveles de fertilización fosfatada y nitrogenada, en

presencia de ciertos hongos micorrízicos, se han obtenido los mejores resultados en rendimientos de cebolla.



Gráfica 10. Peso fresco y seco del follaje

**Cuadro 8. Peso fresco y seco del follaje, en suelo esterilizado con hongo introducido, a los 3.5 meses.**

Repeti- ciones	Pf (mn)	Ps	Pf (T)	Ps	Pf (qMI)	Ps	Pf (q)	Ps	Pf (c)	Ps	Pf (cqMI)	Ps	Pf (cq)	Ps	Pf (MI)	Ps	Pf (cMI)	Ps
Maceta 3	6.2167	0.2530	7.0933	0.2283	12.8900	0.3795	13.3800	0.3568	14.2567	0.5008	13.1433	0.4431	12.8633	0.5121	12.9067	0.4113	18.2033	0.6958
Maceta 6	7.8700	0.3282	7.3933	0.3011	13.2233	0.4272	13.5933	0.4366	14.9667	0.5078	14.3267	0.4847	13.5033	0.5351	14.4167	0.4560	18.6600	0.7127
Maceta 9	8.5367	0.3424	7.7100	0.3042	13.5267	0.4795	14.1467	0.4722	15.4300	0.5166	14.6533	0.5148	16.4433	0.5576	15.1667	0.5132	18.6667	0.7222
Maceta 13	8.8533	0.3614	8.5400	0.3756	13.6800	0.4825	14.2433	0.5161	15.4367	0.5695	15.7100	0.5440	16.6233	0.5755	15.3667	0.5246	19.3300	0.7735
Maceta 15	8.8600	0.3735	8.5633	0.3965	16.8064	0.5141	15.3033	0.5505	16.1767	0.6154	16.7100	0.5770	17.1967	0.5807	15.8667	0.5452	20.2233	0.8752
Prom. total	8.067	0.332	7.860	0.321	14.025	0.457	14.133	0.466	15.253	0.542	14.909	0.513	15.326	0.552	14.745	0.490	19.017	0.756

**Cuadro 9. Peso fresco y seco del follaje, en suelo no esterilizado con hongos nativos, a los 3.5 meses.**

Repeti- ciones	Pf mn+mn	Ps	Pf T+mn	Ps	Pf qMI+mn	Ps	Pf q+mn	Ps	Pf c+mn	Ps	Pf cqMI+mn	Ps	Pf cq+mn	Ps	Pf MI+mn	Ps	Pf cMI+mn	Ps
Maceta 1	7.1300	0.2606	7.9233	0.2745	15.0333	0.4773	14.6167	0.5053	16.4600	0.5263	18.1200	0.7400	17.0833	0.6255	11.8667	0.4113	19.3600	0.7061
Maceta 5	8.2400	0.3647	7.9233	0.3068	15.0500	0.5006	16.0800	0.5312	16.6900	0.6041	19.3900	0.7410	17.2000	0.6270	12.9067	0.4132	20.2267	0.7926
Maceta 8	8.3967	0.3678	7.9549	0.3851	15.0633	0.5403	16.4333	0.5332	16.9733	0.6180	19.5300	0.7423	17.3333	0.6574	14.4167	0.4560	20.3067	0.8025
Maceta 11	8.8367	0.3844	8.1567	0.3928	15.1767	0.5740	18.1167	0.6116	17.0000	0.6385	19.5433	0.7778	17.3333	0.6722	15.1667	0.5246	20.5067	0.8195
Maceta 14	8.8700	0.3975	8.3333	0.3993	17.6767	0.6031	19.4067	0.6799	17.8200	0.6636	20.3464	0.8113	17.8033	0.6888	15.3667	0.5452	20.5100	0.8858
Prom. total	8.295	0.355	8.058	0.352	15.600	0.539	16.931	0.572	16.989	0.610	19.386	0.762	17.351	0.654	13.945	0.470	20.182	0.801

Nota: cada repetición es el promedio de 3 plantas.

mn=hongos endomicorrizicos nativos; T=testigo; qMI=químico+hongos endomicorrizicos introducidos; q=químico; c=composta;  
 cqMI=composta + químico +hongos endomicorrizicos introducidos; cq= composta+químico; MI= hongo endomicorrizico introducido;  
 cMI= composta + hongo endomicorrizico introducido.



El análisis de los tratamientos, en suelo esterilizado, (Mi), (c), (cqMi), y (cq), nos indicó que éstos, no presentaron diferencias significativas entre ellos, ya que tuvieron casi la misma producción de follaje, (Estadística 13 a 16; Apéndice). Estos tratamientos, con respecto a (T), presentaron un porcentaje de incremento en peso fresco y seco de 92 y 60%, respectivamente, (gráfica 10 y cuadros 8 y 9). Dichos resultados mostraron, desde el punto de vista estadístico con la prueba de Tukey al 99%, diferencias altamente significativas con respecto al testigo (Estadística 13 a 16; Apéndice). Estos datos nos indicaron, aparentemente, que el utilizar cualquiera de estos tratamientos, (Mi), (c), (cqMi), y (cq), nos produciría la misma cantidad de biomasa, sin embargo, en el campo no es así, ya que si tomamos en cuenta a sus homólogos, es decir, los tratamientos en suelo sin esterilizar, que contenían a los hongos micorrízicos nativos: (Mi+mn), (c+mn), (cqMi+mn) y (cq+mn) dieron una mayor respuesta; además pudimos observar que al comparar el tratamiento (Mi) con (Mi+mn), que fue su homólogo, se presentó un decremento de 9% (cuadros 8 y 9); en tanto que los tratamientos (c+mn), (cq+mn) y (cqMi+mn) dieron porcentajes de incremento en el peso fresco de: 11, 13 y 30% y en seco de 12, 18 y 48%, con respecto a sus homólogos (c), (cq) y (cqMi), respectivamente. Después del transplante, el tratamiento (cqMi+mn) obtuvo, al final, el incremento mayor con respecto al testigo (T) y a los tratamientos (Mn), (cqMi), (q), (c), (cq), (Mi), (Mn+mn), (T+mn), (Mi+mn), (qMi+mn), (q+mn), (c+mn) y (cq+mn); con excepción de los tratamientos (cMi) y (cMi+mn), con los que no tuvo diferencias significativas.

#### **6.2.4.2 Respuesta del hongo micorrízico introducido (Mi) y los nativos (Mn) en combinación con la composta**

Podemos deducir que, como ocurrió con la variable bulbo, el mejor tratamiento para aplicarse en el campo es el (cMi), ya que con éste tratamiento se ahorraría fertilizante químico. La producción de follaje, además de correlacionarse con el porcentaje de colonización y tipos de colonizadores, también se correlaciona con el rendimiento en peso fresco y seco del bulbo. Estos resultados son congruentes con lo obtenido por Manjarrez (1997), quien obtuvo en cebollas inoculadas con micorriza arbuscular, los mayores valores en cuanto al peso seco del follaje; y con el hecho de que la vermicomposta incrementa notablemente el efecto de la micorriza. (Sieverding, 1991), encontró que la biomasa de *Capsicum annuum* y *Vigna unguiculata* aumentó al incrementarse los niveles de materiales composteados, cuando las plantas estuvieron asociadas con hongos micorrízicos arbusculares. Waterer y Coltman (1989), obtuvieron resultados similares en plantas de Chile. Respecto a la cebolla, es uno de los cultivos que presenta una alta dependencia micorrízica, viéndose

favorecida al incrementar su peso seco o contenido de biomasa (Owusu-Bennoam y Mosse, 1979; Grada y Valdés 1979; Palacios *et al.* 1986 y 1987). Finalmente, Rothwell (1984); St. John et al. (1983); Sieverding (1991) y Manjarrez (1997) han encontrado que el tratamiento con materia orgánica ó composta asociada con la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares introducidos es, entre todos los tratamientos, el que significativamente produce el mayor desarrollo de las plantas.

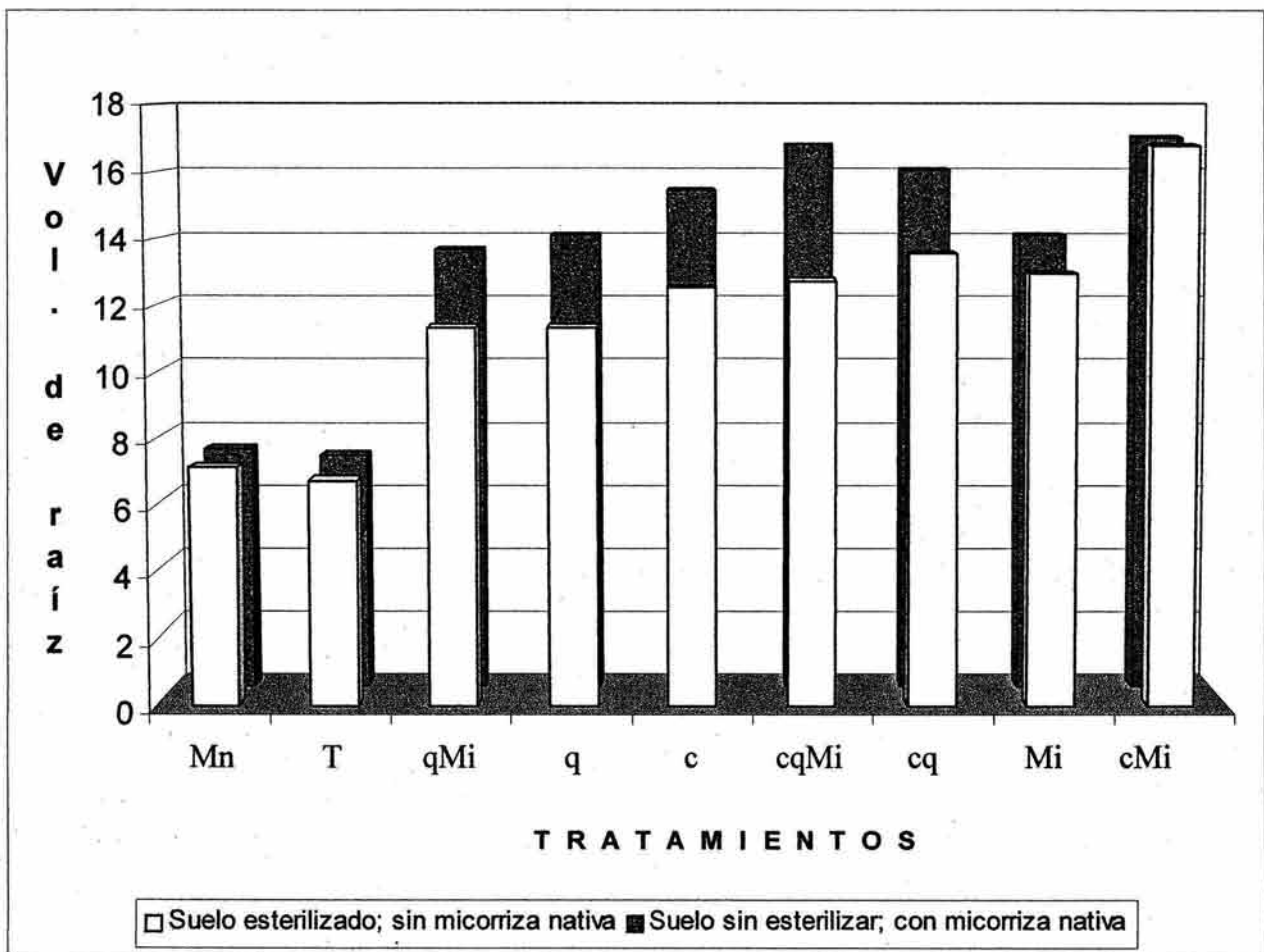
### 6.2.5 Volumen de la raíz alcanzado por los tratamientos

Los valores se correlacionaron con las variables, peso fresco y seco del bulbo y del follaje; de tal manera, que el menor desarrollo de raíz, se presento en los tratamientos: (Mn), (T), (Mn+mn) y (T+mn) entre los cuales, además, no hubo diferencias significativas y, por otra parte, los tratamientos (cMi) (cqMi+mn) y (cMi+mn) que produjeron los mayores valores en volumen de raíz pero que, no obstante, tampoco hubo diferencias significativas. Aunque, entre los últimos tres tratamientos con respecto a los primeros, si se detectaron diferencias estadísticamente significativas, al 95 y 99% (Gráfica 11, Cuadros 10 y 11, Tablas 14 y 15 y Estadística 17 y 18 del Apéndice).

Todos los tratamientos en suelo esterilizado, como ocurrió con las variables anteriores, produjeron un menor desarrollo con respecto a sus homólogos en suelo sin esterilizar. Se reafirmó también, en esta variable, el efecto negativo de la fertilización química sobre la efectividad del hongo micorrízico introducido, y el efecto positivo sobre los hongos micorrízicos nativos (grafica 11).

Lo antes mencionado se pudo observar claramente cuando comparamos los porcentajes de incremento obtenidos con (Mi) y (qMi) respecto al testigo (T), ya que el primero obtuvo 91% y el segundo 68%, es decir, el hongo introducido generó un 23% más de volumen de raíz, cuando se encontraba solo, sin fertilización química. En tanto que, cuando estuvo presente la fertilización química, el efecto sobre el hongo introducido produjo un decremento de 12%. Además, si comparamos el porcentaje de incremento producido por (qMi) y (q) con respecto al (T); ambos tratamientos presentaron el mismo porcentaje de incremento, es decir de 68%. Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos pero, estos dos, con respecto al (T) presentaron diferencias significativas, en tanto que (Mi) presentó una diferencia altamente significativa, (estadísticas 17 y 18; Apéndice). La diversidad de esporotipos detectada, así como la respuesta de los HMn, la cual se magnificó tanto con la fertilización química como con la composta, son resultados que indican que estos suelos tienen un buen potencial micorrízico. Un

ejemplo de ello son los porcentajes de incremento obtenidos por los tratamientos (Mn), (q), (q+mn) y (c+mn) en comparación al testigo (T) de 6, 67, 106 y 126%, respectivamente. El incremento con (q+mn) y (c+mn), de acuerdo con la prueba estadística de Tukey al 99%, resultó altamente significativo. Finalmente, si comparamos los porcentajes de incremento respecto al testigo del tratamiento (Mi) con (qMi) y (Mn) con (q+mn), que fueron de 91 a 68% y 6 a 106%, respectivamente, se confirma el buen potencial micorrízico de este suelo. Estos resultados se correlacionan con las variables de peso fresco y seco del bulbo, del follaje y del porcentaje de colonización.



**Grafica 11. Efecto de los diferentes tratamientos en el volumen de raíz**

**Cuadro 10. Volumen de raíz obtenida con los tratamientos en suelo esterilizado**

Repeticiones	(Mn)	(T)	(qMi)	(q)	(c)	(cqMi)	(cq)	(Mi)	(cMi)
Maceta 3	6	6	9	10	12	12	13	12	15
Maceta 6	7	6	11	11	12	12	13	12	15
Maceta 9	7	7	12	11	13	13	14	13	17
Maceta 13	8	7	12	12	13	13	14	14	18
Maceta 15	8	8	13	13	13	14	14	14	19
<b>Promedio</b>	<b>7.2</b>	<b>6.8</b>	<b>11.4</b>	<b>11.4</b>	<b>12.6</b>	<b>12.8</b>	<b>13.6</b>	<b>13</b>	<b>16.8</b>

**Cuadro 11. Volumen de raíz obtenida con los tratamientos en suelo sin esterilizar**

Repeticiones	Mn+mn	T+mn	qMi+mn	q+mn	c+mn	cqMi+mn	cq+mn	Mi+mn	cMi+mn
Maceta 1	6	6	12	13	14	16	15	13	15
Maceta 5	7	7	13	13	15	16	15	13	17
Maceta 8	8	7	14	14	15	17	16	14	17
Maceta 11	8	7	14	15	16	17	16	14	18
Maceta 14	8	9	15	15	17	18	18	16	18
<b>Promedio</b>	<b>7.4</b>	<b>7.2</b>	<b>13.6</b>	<b>14</b>	<b>15.4</b>	<b>16.8</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>17</b>

De igual manera, el efecto de la fertilización y la composta sobre ambos hongos, en las variables de peso fresco y seco del bulbo y del follaje, así como en el porcentaje de colonización, muestra que los tratamientos con composta: (cMi+mn), (cMi), (cqMi+mn), (cq+mn), (c+mn), (cq), (cqMi) y (c) dieron mejores porcentajes de incremento, con respecto al testigo (T), los cuales fueron de: 150, 147, 147, 135, 126, 100, 88 y 85%, respectivamente; ya que los tratamientos sin composta: (q+mn), (Mi+mn), (qMi+mn), (Mi), (q), (qMi), (Mn+mn), (Mn), (T+mn), tuvieron porcentajes de: 106, 106, 100, 91, 68, 68, 9, 6 y 6%, respectivamente.

Como se pudo observar, los tratamientos con composta superaron a los tratamientos carentes de ella. Es importante señalar que los tratamientos que dieron el mejor resultado fueron los tratamientos con composta, notándose un cierto sinergismo con los hongos micorrízicos tanto nativos como introducido. Estos resultados son congruentes con los obtenidos por Manjarrez (1997), ya que los valores de volumen radical más alto, los obtuvo este autor con los tratamientos que contenían la micorriza más la vermicomposta, tanto en cebolla como en chile. De igual manera, al trabajar con chile, observó que el volumen radical de plantas de chile inoculadas con la micorriza arbuscular presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) respecto a las no inoculadas y al testigo. Asimismo, encontró que los tratamientos micorrizados presentaron diferencias altamente significativas con las no micorrizadas y con el testigo. Esto concuerda con lo mencionado por Harley y Smith, (1983), Mosee (1981), Palacios *et al.* (1986) y (1987) y Sieverding (1991).

El hecho de que la cebolla responda favorablemente a la inoculación micorrízica se debe, sin lugar a dudas, a que el sistema radical de la cebolla es muy ineficiente, por lo que absorbe poco fósforo (Guenkov, 1974). La función ejercida por el inóculo micorrízico se atribuye a la exploración y transporte de P y otros nutrimentos a través de las hifas (Marshner y Dell, 1994). De la misma forma, los trabajos de Manjunath y Bagyaraj (1981) y Snellgrove y Stribley (1986), indican que existe un efecto directo del hongo al incrementarse la eficiencia en la absorción de P por las raíces micorrizadas de cebolla. Daft (1991), menciona, también, que la cebolla tiene un sistema radical muy pequeño e ineficiente, de tal manera que depende de la micotrofia para una mejor eficiencia. Villalobos (1993), por su parte, menciona que la dependencia micorrízica de las diferentes especies de plantas, se relaciona con su capacidad de exploración radical, la cual está determinada por la densidad de su volumen radical. Este mismo autor encontró que la micorriza funciona mejor en cebolla que en plantas de chile, ya que el volumen radical de la cebolla es muy deficiente comparado con el del chile. Otros autores coinciden con las observaciones de Villalobos, ya que mencionan que la micorriza funciona bien en la cebolla, debido a que su exploración radical es reducida (Itoh y Barber, 1983).

## **VI. Conclusiones**



1. Los suelos de la zona de estudio, localizados en Santa Catarina estado de Morelos, tienen representantes de hongos micorrízicos arbusculares de las tres familias que constituyen el orden Glomales; lo que significa que conservan una alta biodiversidad de hongos micorrízicos.
2. La población y biodiversidad de esporotipos, con características de la familia Glomaceae fue mayor que la correspondiente a la familia Acaulosporaceae. La familia Gigasporaceae presentó una población similar a la familia Glomaceae pero con una menor biodiversidad.
3. Los hongos micorrízicos nativos tuvieron una alta capacidad de colonización lográndose detectar, a los 30 días después de la emergencia de las plántulas, todos los elementos estructurales de la micorriza. El desarrollo de la micorriza nativa mostró que la fase Lag fue muy corta, la Exponencial rápida y la Estacionaria se presentó precozmente. Por lo que se puede concluir que las poblaciones nativas obedecen a un ciclo biológico de estrategia adaptativa *r*, muy frecuente en sitios perturbados por influencia antrópica, como ocurre en muchos agroecosistemas.
4. El hongo micorrízico introducido fue compatible con los suelos del área de estudio, ya que presentó una buena germinación, un desarrollo micorrízico adecuado, una alta competitividad frente a la población nativa y una compatibilidad con la planta hospedera, pues a las 3 semanas después de la emergencia, se detectaron, también todos los elementos estructurales de la micorriza.
5. El tipo de colonización producida, tanto por los hongos nativos como por el introducido, mostró patrones diferentes en densidad, componentes estructurales, distribución y morfología.
6. Los hongos nativos presentaron el inicio de su ciclo biológico más rápidamente que el hongo introducido. Lo cual se debió, probablemente a que estos hongos se encontraban en su medio edáfico y, en el momento oportuno, respondieron eficazmente al quimiotactismo de la raíz de la planta hospedera.
7. La respuesta de la planta a la fertilización fue positiva y rápida, ya que a los 5 días después de aplicada la última fertilización (período de almácigo), se duplicó la producción de biomasa con la aplicación de los fertilizantes químicos; se triplicó con la aplicación de composta y se quintuplicó con la aplicación de ambos tipos de fertilizantes.

8. La aplicación de composta resultó ser la mejor fuente de nutrimentos para las plantas de cebolla. Esto nos indicó que el proceso de composteo de los restos de Eucalipto permitió anular los posibles efectos alelopáticos de éste árbol, y que presentó las características de una composta de buena calidad, por lo que se pudo utilizar sin riesgo en las plantas. Además, resultó totalmente compatible con los hongos micorrízicos tanto nativos como con el introducido.

9. El efecto de la fertilización química y de la aplicación de composta aplicada al suelo, nos permitió confirmar que estos suelos mantienen su Potencial Micorrízico, por lo que la aplicación de composta para incrementar la producción de éstos suelos es lo más recomendable, considerando el hecho de su compatibilidad con los hongos micorrízicos arbusculares y la necesidad de desarrollar en el país una agricultura orgánica.

10. Los hongos micorrízicos nativos, tuvieron una alta capacidad de colonización en la planta huésped, y una muy favorable respuesta en presencia de una fuente de fertilización. Por lo que las poblaciones de estos hongos reflejaron su adaptación a la presencia de los fertilizantes químicos, comúnmente utilizados en estos suelos.

11. La fertilización fosfatada afectó la colonización del hongo introducido, pero no afectó a la colonización del hongo nativo; y (2) la fertilización con composta benefició a las dos poblaciones micorrízicas, no obstante, fue más favorable el efecto en el hongo introducido.

12. Los resultados, antes mencionados se resumen en tres aspectos: (1) que la fertilización química anula al hongo micorrízico introducido, que no está adaptado a este tipo de fertilización, (2) que la fertilización química estimula a los hongos endomicorrízicos nativos, los cuales están adaptados a este tipo de fertilización, y (3) la fertilización química combinada con los hongos micorrízicos nativos, se vio afectada, probablemente, por haberse originado un antagonismo o competencia entre ambos tipos de hongos, el introducido y los nativos.

13. Finalmente, se encontró que el hongo introducido tienen un mayor efecto micorrízico que los hongos nativos de ésta región, ya que fue capaz de traslocar más nutrimentos a las plantas que los nativos y haber logrado un mayor beneficio en la planta que el logrado con la fertilización química, con la composta e incluso con la aplicación de ambas. Por lo que la inoculación de las plantas con

este hongo introducido y combinado con la aplicación de composta, sería lo más adecuado para lograr una producción orgánica sustentable en los suelos del área de estudio.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

Abott, L. K. y A.A. Robson. (1978). Growth of subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhiza by introduced an indigenous fungi in a field soil. *New Phytol*, 81: 575-585.

Abott, L. K. y A.A. Robson, A. D. (1982). The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi inoculation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33: 389-401.

Abbott, L.K. (1994). An ecological view of the formation of micorrizas. *Plant and Soil*, 159: 69-78.

Aguilera Herrera Nicolás. (1989). **Tratado de Edafología de México**. Tomo 1. Facultad de Ciencias UNAM. 222 p.

Aburto V. M. (1980). **Efectos comparativos entre dos fuentes diferentes de materia orgánica (composta y estiércol) y determinación del mejor nivel de aplicación de composta en el cultivo de sandía (*Citrullus vulgaris*) bajo las condiciones de Apodaca, N.L.** Tesis de Licenciatura. ITESM.

Alexander, T., Meier, R., Toth, R., y Weber, H.C. (1988). Dynamics of arbuscule development and degeneration in mycorrhizas of *Triticum aestivum* L. and *Avena sativa* L. with reference to *Zea mays* L. *New Phytologist*, 110: 363-370.

Ames, R.N., Reid, C.P.P., Porter, L.K., y Cambardella, C. (1983). Hyphal uptake and transport of nitrogen from two N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New phytologist*, 95: 381-396.

Ames, R.N. y Schneider, R.W. (1979). *Entrophospora*, a new genus in the Endogonaceae, *Micotaxon*, 8: 347-352.

Artemio Valadez López. (1990). **Producción de Hortalizas**. Limusa 150 p.

Azcón G. A. y Barea J. M. (1980). Micorrizas. *Investigación y ciencia*, 47: 8-16.

Azcón, R. y Ocampo, J.A. (1981). Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars, *New Phytologist*, 105: 221-237.

Barrow, J.B. y Roncadori, R.W. (1977). Endomycorrhizal syntesis by *Gigaspora margarita* in poinsettia. *Mycologia*, 69: 1173-1184.

Bertoldi, M., Vallini G. y Pera A. (1985). Technological aspects of composting including modelling and microbiology. In: J. K. R. Gasser (ed). Composting of agricultural and other wastes. *Esevier Applied Science Publisher*. Luxemburgo, U.K. 800 p.

Bethlenfalvay, G.J. Brown, M.S. y Pacovsky, R.S. (1982). Relationships between host and endophyte development in mycorrhizal soybeans. *New Phytol*, 90: 537-543.

Biddlestone, A. J. y Gray K. R. (1985). Practical experience with farm scale systems. In: J.K.R. Gasser (ed). Composting of agricultural and other wastes. *Elsevier Applied science Publisher*. Luxemburgo, U.K. 650 p.

Bird, G.W.; Rich, J.R. y Glover, S.U. (1974). Increased endomycorrhizae of cotton roots in soil treated with nematodes. *Pytopathology*, 64: 48-51.

Bonfante-Fasolo, P. (1984). Anatomy and morphology of VA Mycorrhizae, pp. 5-34. In: *VA Mycorrhiza* (Edited by Powell, C.L., and Bagyaraj, D.J) CRC Press, Boca Raton, Florida.

Bonfante-Fasolo, P., and Gianinazzi-Pearson, V. (1986). Wall and plasmalemma modifications in mycorrhizal symbiosis, pp 65-73. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*. (Edited by Gianinazzi-Pearson, V., and Gianinazzi, S), INRA, Paris.

Bonfante-Fasolo, P. (1987). Vesicular-arbuscular mycorrhizae: Fungus-Plant interactions at the cellular level. *Symbiosis*, 3: 249-268.

Bonfante-Fasolo, P.; Vian, B.; y Faccio, A. (1988). **Texture of cell walls in VAM leeks**, 2nd European Symposium on Mycorrhizae, Praga, 520 p.

Bowen, G.D. (1987). **The biology and physiology of infection and its development**, 27-57. In: *Ecophysiology of Mycorrhizal Plant* (Edited by Safir, G.R.) CRC Press, Boca Raton.

Briones, L. H. S. (1989). **Evaluación del abonado con composta en algunas características químicas del suelo y su influencia en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)** En Marín N. L. Tesis de Licenciatura Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de N.L. 150 p.

Brundrett, M.C. (1991). Mycorrhizas in Natural ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 21: 171-313.

Busse., M.D. y Ellis, J.R. (1985). Vesicular-arbuscular mycorrhizal *Glomus fasciculatum* influence on soybean drought tolerance in high phosphorus soil. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2290-2294.

Buwalda, J.G., Stribley, D.P., y Tinker, P.B. (1983). Increased uptake of bromide and chloride by plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist*, 93: 217-225.

CAEZACA. (1981). **Guía para la asistencia técnica agrícola**. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Morelos, México. 250 p.

Capaccio, L.C.M. y Callow, J.A. (1982). The enzymes of polyphosphate metabolism in vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist*, 91: 81-91.

Carling D.E. y Brown M.F. (1982). Anatomy and Phhysiology of Vesicular-Arbuscular and Nonmycorrhizal Roots. *Phytopathology Vol. 72, No. 8*

Chambers, C. A. Smith, S.E. y Smith, F.A. (1980). Effects of ammonium and nitrate ions on mycorrhizal infection, nodulation and growth of *Trifolium subterraneum*. *New Phytol*, 85: 47-62.

Cooper, K.M. (1984). **Physiology of VA mycorrhizal associations**, 155-186. In: *VA Mycorrhiza*. (Edited By Powell, C.L., and Bagyaraj, D.J9) CRC Press, Boca Raton.

Corrales, O., Vargas, E. y Moreira, M. A. (1990). Efecto de la materia orgánica en el combate de la pudrición basal del chile dulce (*Capsicum annum*) causada por *Phytophthora capsici*. *Agronomía Costarricense*, 14(1): 9-14.



Cronquist A. (1986). **Botánica básica**. Compañía Editorial. Continental S.A de C.V México D.F. 685 p.

Cruz, M. S. (1986). **Abonos orgánicos**. Universidad Autónoma de Chapingo. 350 p.

Daft, M. J. (1991). Influence of genotypes, rock phosphate and plant densities on mycorrhizal development and the growth responses of five different crops. *Agric. Ecosystems Env*, 35: 151-169

Daniels, B.A. y Skipper, H.D. (1982). **Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil**. In: Schenck, N.C. (ed.) *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*, 29-35. The American Phytopathological Society, St Paul.

Daniels, B.A. y Trappe. (1980). Factor affecting spore germination of the VAM fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia*, 72: 456-471.

Dalzell H.W., Biddlestone A. J, Gray K. R. y Thurairajan K. (1991). **Manejo del Suelo: Producción y uso del Composteo en Ambientes tropicales y Subtropicales**. FAO. Roma, Italia. 430p.

Dexheimer, J., Gianinazzi, S., y Gianinazzi-Pearson, V. (1979). Ultraestructural cytochemistry of the host-fungus interface in the endomycorrhizal association *Glomus mosseae/Allium cepa*. *Z Pflanzen physiol*, 92: 191-206.

Donahue L. R. Miller W.R. y Shickluna C. J. (1981). **Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas**. Editorial Prentice Hall International. Cali, Colombia. 624 p.

Edmond, J.B., T.L. Seen y F.S. Andrews. (1967). **Principios de Horticultura**. Ed. CECSA, México. 224 p.

Edwards, C. A. y Bate J. E. (1992). The use of earthworms in environmental management. *Soil Biol. Bioch*, 12:1683-1689.

Fusconi, A., Bertha, G. S., Scannerini, S., y Trotta, A. (1986). **Meristematic activity in mycorrhizal and uninfected, roots of *Allium porrum***. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*. (eds.), INRA, Paris, pp. 667-672.

Gemma, J.N. y Koske, R.E. (1988). Pre-infection interactions between roots and the mycorrhizal fungus *Gigaspora gigantea*: chemotropism of germ-tubes and root growth response. *Transactions of the British Mycological Society*, 91 (1): 123-132.

Gerdemann, J.W. y Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet-sieving and decating. *Transactions of the British Mycological Society*, 46: 235-244.

Gerdemann, J.W. (1968). Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Annual Review of Phytopathology*, 6: 397-418.

Gerdemann, J.W. y Trappe, J.M. (1974). The Endogonaceae in the Pacific Northwest, *Mycologia Memoir*, 5: 1-76.

Gerdemann, J.W. y Trappe, J.M. (1975). Taxonomy of the endogonaceae. pp. 35-51. In: *Endomycorrhizas* (Edited by F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker), Academic Press, London.

Gerdemann, J.W. (1975). **Vesicular-Arbuscular mycorrhizae**. En: J.G. Torrey y D. T. Clarkson, (Eds.) *The development and function of root*. Academic Press. New York. pp. 575-591.

Gianinazzi-Pearson, V., y Gianinazzi, S. (1986). **The physiology of improved phosphate nutrition in mycorrhizal plant**. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*. Paris, INRA, pp. 101-109.

Giovannetti, M. y Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84: 489-500.

Gómez, S. M. M. (1986). **Efecto de la adición de composta urbana y estiércol ovino sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo en terrazas de banco**. Tesis de Licenciatura. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 95 p.

González, Q. E. (1996). **Estudio del desarrollo micorrízico arbuscular, en tres Agroecosistemas subtropicales con suelos Calcimagnésicos, a través del ciclo biológico de *Cloris gayana***. Tesis de Maestría. UNAM. México. 175p.

Grada, Y. R. y Valdés, M. (1979). Desarrollo de micorriza vesículo arbuscular en algunos cultivos. *Bol. Soc. Mex. Mic*, 13: 47-53

Grandmaison, J., Benhamou, N., Furlan, V. y Visser, S.A. (1988). Ultrastructural localization of N-acetylglucosamine residues in the wall of *Gigaspora margarita* throughout its lifecycle. *Biological Cellular*, 63: 89-100

Green, N.E., Graham, S.O., y Schenck, N.C. (1976). The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia*, 68: 929-933.

Guenkov, G. (1974). **Fundamentos de horticultura cubana**. Instituto Cubano del libro. La Habana Cuba. 608 p.

Guerrero, G. A. (1990). **El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 198 p.

Hardie, K y Leyton, L. (1981). The influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth and water relations of red clover. *New Phytologist*, 89: 599-608.

Harley, J.L., y Smith, S.E. (1983). **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London. 230p.

Hardy, F. (1970). **Edafología Tropical**. (eds) Herrero hermanos, sucesores, S.A. México. Suministro de nutrimentos. 430 p.

Hayman, D.S. y Mosse, B. (1979). Improved growth of white clover in hill grasslands by mycorrhizal inoculation, *Annals of Applied Biology*, 93: 141-148.

- Hayman, D.S. (1981). Influence of soil and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizae and plant disease. *Research Phytologist*, 72: 1119-1125.
- Hayman, D.S. (1982). Influence of soil and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology*, Vol. 72 No. 8: 1119-1125.
- Hayman, D.S. (1983). The Physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany*, 61: 944-963.
- Hayman, D.S. (1987). **VA mycorrhizas in field crop systems**, p. 171-192. In: Ecophysiology of Mycorrhizal Plants (Edited by Safir, G.R.) CRC Press, Boca Raton.
- Hayman, D.S., Johnson, A.M. y Ruddlesdin, I. (1975). The influence of phosphate and crop species on *Endogone* spores and vesicular-arbuscular mycorrhiza under field conditions, *Plant and Soil*, 43: 489-495.
- Hegde, D. M. (1986). Effect of irrigation and N fertilization on water relations, canopy temperature, yield N uptake and water use of onion. *Indian J. of Agric. Sci*, 56 (12): 858- 867.
- Henriksen, K. (1987). Effect on N and P fertilization on yield harvest time in bulb onions. (*Allium cepa* L) *Acta Horticulturae (Netherlands)*, 198: 207-215.
- Hepper, C. M. y Warner A. (1983). Role of organic matter in grow of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in soil. *Trans. Br. Mycol. Soc*, 81: 155-156.
- Hornby, H. (1983). Supressive soils. *Annual Review of Phytopathology*, 21: 65-85.
- Howard, A. (1943). **An Agricultural Testament**. Oxford University Press, London. 206p.
- INIA. (1982). **La materia orgánica en el suelo**. Campo Agrícola Experimental Costa de Jalisco. Jalisco, México. 201 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (1989). **Guías para la interpretación de Cartografía. Uso del Suelo México**. 46 p.
- ISSS/ ISRIC/ FAO, (1994). Draft World Reference Base for Soil Resorces, Wageningen/ Roma. 161 p.
- Itoh y Barber (1983). Phosphorus Uptake by six plant species as related to root hairs. *Agr. J*, 75(3): 457-461
- Janos, D.P. (1988). **Mycorrhiza application in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate** In: Ng, F.S.P. (ed) *Trees and Mycorrhiza*, 133-188. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.
- Kato T.M. Yamagata y S. Tsukahara. (1987). Nitrogen nutrition, its diagnosis and postharvest bulb root in onion plant. *Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station*, 48: 26-49.
- Kessler, K. J. y Blank, R. W. (1972). *Endogone* sporocarps associated with sugar maple. *Mycología*, 64: 634-638

- Khan, A.G. (1975). **Growth effects of VA mycorrhiza on crop in the field**, pp. 419-435. *In* Endomycorrhizas (Edited by F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker), Academic Press, London.
- Khan, A. G. (1980). Growth responses of endomycorrhizal onions in unsterilized coal waste. *New Phytol*, 87: 33-370
- Kormanik, P.P., Bryan, W.C., y Schultz, R.C. (1980). Procedure and equipment for staining large numbers of plant samples for endomycorrhizal assay. *Canadian Journal of Microbiology*, 26: 536-538.
- Koske, R.E. (1981). *Gigaspora gigantea*: Observation on germination of a VA-mycorrhizal fungus. *Mycologia*, 73: 288-300.
- Koske, R.E. (1981). Multiple germination by spores of *Gigaspora gigantea*. *Transaction of British Mycological Society*, 76: 328-330
- Kothari, S.K. Marschner, H. y George, E. (1990). Effect of VA mycorrhiza and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations of maize. *New Phytologist*, 116: 303-311.
- Krishna, K.R. y Bagyaraj, D.J. (1985). **Mycorrhiza and plant water relations in *Arachis hypogea***. Proceedings of the Sixth North American Conference on Mycorrhizae. Bend, Oregon. E.U.A. 371 p.
- Kruckelmann, H.W. (1975). **Effects of fertilizers, soil, soil tillage, and plant species on the frequency of *Endogone chamydosporae* and mycorrhizal infection in arable soil**, pp. 511-525, *In*: Endomycorrhizas (Edited by F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker), Academic Press, London.
- Fusconi, A., Berta, G., Scannerini, S., y Trotta, A. (1986). **Meristematic activity in mycorrhizal and uninfected roots of *Allium porrum***. *In*: Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae. (eds), INRA, Paris, pp. 667-672.
- Labrador, M. J. (1993). **La materia orgánica en los sistemas agrícolas, manejo y utilización**. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. 219 p
- Lambert, D.H., Cole, H. y Baker, D.E. (1980). Variation in the response of alfalfa clones and cultivars to mycorrhizae and phosphorus, *Crop Science*, 20: 615-618.
- Le Tacon F. (1985). Las micorrizas: una cooperación entre plantas y hongos. *Mundo científico*, 49: 776-784.
- Luna, J. J. P. (1994). **Obtención de abonos orgánicos a partir de residuos agroindustriales**. Departamento de Agroindustrias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 115p.
- Manjarrez Martínez Ma. de Jesús. (1997). **La Vermicomposta y la Micorriza Arbuscular en la producción de especies hortícolas**. Tesis de Licenciatura Chapingo. 120 p.
- Manjunath, A. y Bagyaraj D. J. (1981). Components of VA mycorrhizal inoculum and their effects on growth of onion. *New Phytol*, 87: 355-361

Marschner, H. y Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159: 89-102.

Martínez G. M., Arroyo A.V., Cruz F. G., Palacios M. S. y Echeagaray A. A. (2000). Efecto residual de compostas y eficiencias de hongos M-A en absorción de N-P en la producción de biomasa de maíz.

Menge A.J., (1983). **Mycorrhizal fungi increase growth and reduce trasplant injury in avocado.** California Agriculture, April, pp. 6-7

Menge A.J., (1983). Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *C. J. Bot*, 61: 1015-1024

Morton, J.B. (1990). Species and clones of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales Zygomycetes): their role in macro- and microevolutionary processes. *Mycotaxon*, 37: 493-515.

Morton, J. N. y Benny, G.L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes). A new order, *Glomales*, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families Acalosporaceae, and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.

Mosse, B. (1953): Fructifications of an Endogone species causing endotrophic mycorrhiza on fruit plants, *Annales Botany (London)*. 20: 349-362.

Mosse, B. y Bowen, G.D. (1968). A key to the recognition of some *Endogone* spore type, *Transactions of the British Mycological Society*, 51: 469-483.

Mosse, B. y Bowen, G.D. (1968). The distribution of *Endogone* spores in some Australian and New Zeland soil, and in an experimental field soil at Rothamsted. *Transactions of the British Mycological Society*, 51: 485-492.

Mosse, B. y Phillips J. M. (1971). The influence of phosphate and other nutrients on the development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in culture. *F. gen. Microbiol*, 69: 157-166.

Mosse, B. (1972). Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhizal. IV. In soil given additional phosphato. *New Phytol*, 72: 127-136.

Mosse, B. (1973). Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza, *Annual Review of Phytopathology*, 11: 171-196.

Mosse, B. (1975). Specificity in VA mycorrhiza. In F.E. Sanders, B. Mosse, and P. B. Tinker (ed). **Endomycorrhizas**. Academic Press, London. 584p.

Mosse, B. (1981). Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. *Research Bulletin* 194. 5-82.

Mugnier, J., y Mosse, B. (1987). Vesicular- arbuscular mycorrhizal infections in transformed Ri T-DNA roots grown axenically, *Phytopathol*, 77: 1045-1050.



- Nelsen C. E., Bolgiano, N. C. Furutani, S.C., Safir, G. R., y Zandstra, B. H. (1981). The effect of soil phosphorus levels on mycorrhizal infection of field grown onion plants and on mycorrhizal reproduction. *Journal of the American Society Horticulturæ Science* 786-788.
- Nelsen C. E. y Safir F. R. (1982). The water relations of wellwatered, mycorrhizal, and non-mycorrhizal onion plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107 (2): 271-274.
- Nelson, C.E. (1987). **The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems**, pp 71-91. In: *Ecophysiology of VA Micorrhizal Plants* (Edited by SAFIR, G. R.) CRC Press, Boca Raton.
- Nemec, S. (1981). Histochemical characteristic of *Glomus etunicatus* infection of *Citrus limon* fibrous roots. *Canadian Journal of Botany*, 59: 609-614.
- Ortega, T.E. (1981). **Química de suelos**. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 417 p.
- Ortíz, V.B. y Ortiz S. C.A. (1990). **Edafología**. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 394 p.
- Owusu-Bennoah, E., y B. Mosse. (1979). Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XI. Responses of onion, lucerne, and barley to field inoculation with two endophytes. *New Phytol.*, 83: 1-9
- Pacovsky, R.S., Fuller, G. y Stafford, A.E. (1986). Nutrient and growth interactions in soybeans colonized with *Glomus fasciculatum* and *Rhizobium japonicum*. *Plant and Soil*, 92: 37-45.
- Palacios, M.S., Chapa, S.C. y Shimada, M.K.(1986): Incremento en el crecimiento y en la absorción de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.), como respuesta a la micorriza V-A, en un suelo de origen volcánico. *Revista Latinoamericana de microbiología*, 29: 303-311.
- Palacios, M. S., y González Q. E., (2000). Comunicación personal.
- Palacios, M. S., Jaime, M. A., Urbano, S., Cuenca, A., y Shimada M. (1994). Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on growth of *Allium cepa* L. Under field conditions, in a Rendzic Leptosol. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Acapulco, México. Vol 4b pp 34-35.
- Palacios, M.S., Shimada, M.K. y Chapa, S.C. (1987). Efecto de la inoculación de dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con cuatro hongos micorrízicos, en suelos muy deficientes en fósforo. *Revista Latinoamericana de microbiología*, 29: 329-336.
- Palacios, M.S., K.S. Miyasaka, J.E. Gama y E. Vallejo. (1991). **Los hongos micorrízicos V.A como biomejoradores de cultivos en suelos de origen volcánico y calcimorfo muy deficientes en fósforo**. Convención sobre la Evolución Geológica de México. Pachuca, Hgo. Méx. pp. 151-156.
- Phillips, J.M. y Hayman D. S. (1970). Improved procedure for clearing root parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesmentof infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55: 158-161.
- Potty, V. P. (1985). Cassava an alternate host for multiplication of VAM fungi. *Plant and Soil*, 88: 135-137.



Powell, C.L. (1975). **Potassium uptake by endotrophic mycorrhizas, in Sanders, F. E. B. Mosse y P. B. Tinker, Endomycorrhizas.** Acad. Press, Londres. 168p.

Powell, C. L. y Daniel, J. (1978). Growth of white clover in undisturbed soils after inoculation with efficient mycorrhizal fungi. *New Zealand Journal Agricultural Research*. 21: 675.

Ramírez, B.N. Mitchell, D.J. y Schenck, N. C. (1975). Establishment and growth effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on papaya. *Mycologia*, 67: 1039-1041.

Robinson (1967). **Los suelos.** Omega. Barcelona. 515 p.

Rosendahl, S.; Dodd, J.C. y Walker, C. (1994). **Taxonomy and phylogeny of the Glomales**, p 1-12 *In: Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems.* (Edited by S. Gianinazzi and H. SchÜepp) Birkhauser Verlag Basel/Switzerland.

Ross, J.P. y Harper, J.A. (1970). Effect of Endogone mycorrhiza on soybean yields. *Phytopathology*, 60: 1552-1556.

Rothwell, F. M. (1984). Aggregation of surface mine soils by interactions between VAM fungi and lignin degradation products of lespedeza. *Plant and Soil*, 88:99-104.

Safir, G.R., Boyer, J.S. y Gerdemann, J.W. (1972). Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiology*, 49: 700-703.

Saif, S. R. (1977). The influence of stage of host development on vesicular-arbuscular mycorrhizae and Endogonaceous spore population in field-grown vegetable crops. I. Summer-grown crop, *New Phytologist*, 79: 341-348.

Sanginga N, Swift MJ. (1992). Nutritional effects of Eucalyptus litter on the growth of maize (*Zea mays*). *Agriculture Ecosystems and Environment*, 41: 55-65.

Scannerini, S., y Bonfante-Fasolo, P. (1983). Comparative ultrastructural analysis of mycorrhizal associations. *Canadian Journal of Botany*, 61: 917-943.

Schenck, N.C. y Pérez Y. (1987). A manual for identification of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. INVAM. University of Florida. Gainesville, FL.

Schenck, N.C. y Pérez Y. (1990). A manual for identification of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. 3<sup>rd</sup> Ed. Synergistic Publ., Gainesville, Florida.

Schubler Arthur, Daniel Schwarzott y Christopher Walker, (2001). A new fungal phylum, Glomeromycota and evolution. *Mycol. Res*, 105 (12): 1413-1421.

Shasha, N.A., W.F. Cambell y W.P. Nye (1976). Effect of fertilizer and moisture on seed yield of onion. *Hort, Science*, 11(4): 425-426.

Shingh, C.B., S. C. Khurana y J. L. Mengel. (1984). Effect of nitrogen doses and plant spacing on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.). *Indian J. Agric. Res.* 18 (2): 83-86.

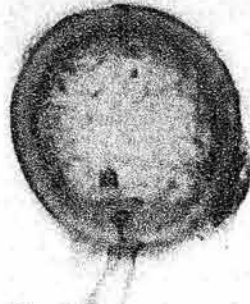
- Sieverding, E. (1983). **Manual de Métodos para la investigación de la Micorriza Vesículo-arbuscular en el Laboratorio**. 1ª Edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. 165p.
- Sieverding, E., y Galvez A.L. (1988). Soil and phosphate sources effect performance of VA mycorrhizal fungi with cassava. *Angew. Botanik*, 62: 283-293.
- Sieverding, E., y Toro T.S. (1988). Influence of soil water regimes on VA mycorrhiza. V. Performance of defferent VAM fungal species with cassava. *Journal Agronomy & Crop Science*, 161: 322-332.
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Germany. Technical Cooperation.
- Siqueira, J.O. (1987). **Cultura axénica e monoxénica dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares**. II Reunión Brasileira sobre Micorrizas, Sao Paulo, pp. 44-70.
- Smith, F.A.; y Smith, S.E. (1986). **Movement across membranes**, pp 75-84. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, Paris, INRA
- Smith, S.E.; Pearson, V.G.; Koide, R, y Cairney, W.G. (1994). Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. *Plant and Soil*, 159: 103-113.
- Smith, S.E., St. John B. J. Smith F. A. y Bromley J. L. (1986). Effects of mycorrhizal infection on plant growth, nitrogen and phosphorus nutrition in glasshouse-growth *Allium cepa* L. *New Phytol*, 103: 359-373.
- Snellgrove, R.C. y Stribley D.P. (1986). Effects of pre-inoculations with a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on growth of onions transplanted to the field as multiseeded peat modules. *Plant and Soil*, 92: 387-397.
- Souto XC, González L, y Reigosa M.J. (1994). Comparative analysis of allelopathic effects produced by four forestry species during decomposition process in their soils in Galicia. *Journal of Chemical Ecology*, 20: 3005-3015.
- St. John, T.V., Coleman, D.C. y Reid C. P. (1983). Associations of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. *Ecology*, 64: 957-959.
- Stribley, D.P., Tinker P. B. y Rayner J.H. (1980). Relation of internal phosphorus concentration and plant weight plants infected by vesicular- arbuscular mycorrhizas. *New. Phytol*, 86: 261-266.
- Strullu, D.G.; Gourret, J.P.; Garrec, J.P. y Fourcy, A. (1981). Ultrastructure and electron-probe microanalysis of the metachromatic vacuolar granules occurring in *Taxus* mycorrhizas. *New Phytologist*, 87: 537-545.
- Strzemska, J. (1975). **Mycorrhiza in farm crops grown in monoculture**, pp. 527-535. In: *Endomycorrhizas* (Edited by F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker), Academic Press, London.

- Sutton, J.C. (1973). Development of vesicular-arbuscular mycorrhizae in crop plants. *Canadian Journal of Botany*, 51: 2487-2493.
- Sylvia, D.M. (1992). **Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi.** In: *Methodos in Microbiology*, vol 24 (Edited by J.R. Norris; D.J. Read and A.K. Varma) pp 53-65.
- Tamhane R. V. (1978). **Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales.** Diana. México. 483 p.
- Toro T. S., (1984). **Estudio sobre la presencia de los hongos formadores de Micorriza Vesículo arbuscular en la caña de azúcar en el Valle del Cauca.** Tesis. Universidad de Caldas. Manizales. 98p.
- Torres Barragán A. (1993). **Interacción hongos micorrízicos-cebolla y su relación con la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk),** Tesis de Maestría. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 76 p.
- Trappe, J.M. (1987). **Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint,** pp. 5-25. In: *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants* (Edited by SAFIR, G.R.) CRC Press, Boca Raton.
- Trinick, M.J. (1977). Vesicular-arbuscular infection and soil phosphorus utilization in *Lupinus spp.* *New Phytologist*, 78: 297-304.
- Valadez L. A. (1990). **Producción de hortalizas.** Limusa. México. 450 p.
- Vietti, A. J. y Standen, J.V. (1990). Histology of V-A mycorrhizal development in guayule seedlings. *Mycological Research*, 94 (6): 831-834.
- Villagrán, C. M. y M. G. Escaff. (1982). Efecto de la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de cebolla. *Agricultura Técnica (Chile)*, 42 (3): 209-215.
- Villalobos, S. R. I. (1993). **Potencial de la micorriza vesiculo-arbuscular en la producción de chile (*Capsicum annum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.).** Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 95p.
- Walker, C. (1986). Taxonomic concepts in the *Endogonaceae* II. A fifth morphological wall type in Endogonaceous spores. *Mycotaxon*, 25: 95-99.
- Walker, C. y Sanders, F. E. (1986). Taxonomic concepts in the Endogonaceae III. The separation of *Scutellospora* gen. Nov. from *Gigaspora* Gerd y Trappe. *Mycotaxon*, 27: 169-182.
- Waterer D. y R. Coltman. (1989). Mycorrhizal infection level of bell pepper transplants influences subsequent responses to soil solution phosphorus. *J. Plant Nutr.* 12(3): 327-340
- Zink, F.W. (1966). Studies of the growth an nutrient absorption of onion. *Hilgardia*, 37: 203-218.

## **VIII. Anexo**



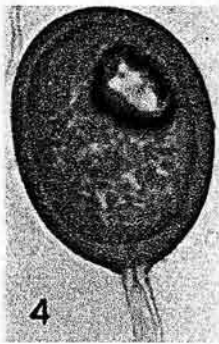
1



2



3



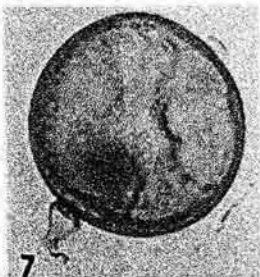
4



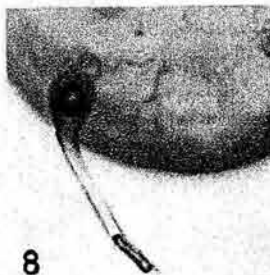
5



6



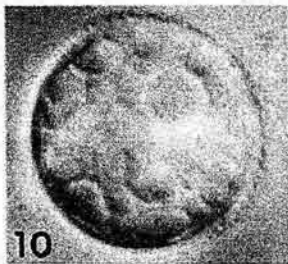
7



8



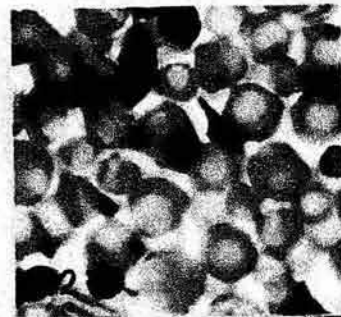
9



10



11



12

Lámina I. (fotos 1-12) Microfotografías ópticas de esporotipos del inóculo de hongos endomicorrízicos arbusculares nativos (Mn) de Sta. Catarina, así como del inóculo introducidos (Mi).



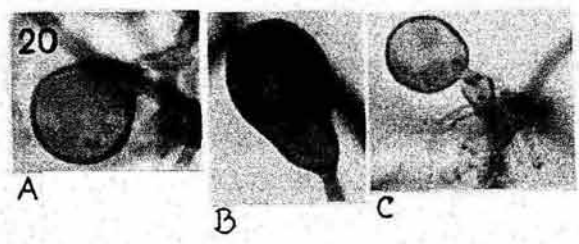
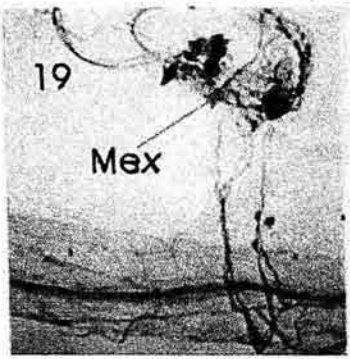
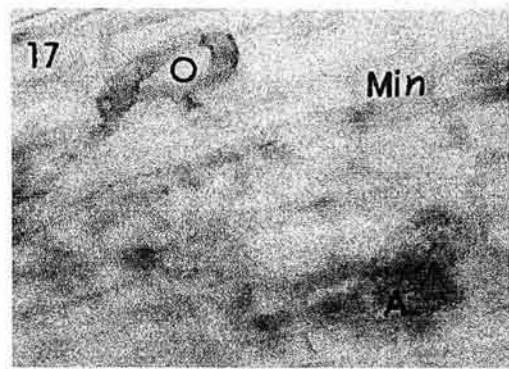
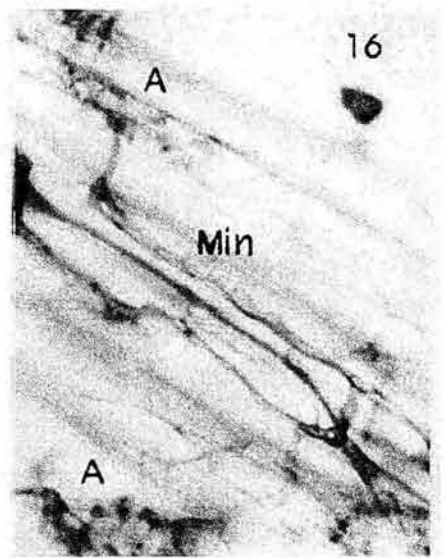
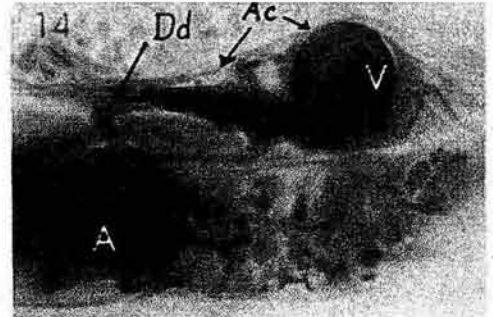
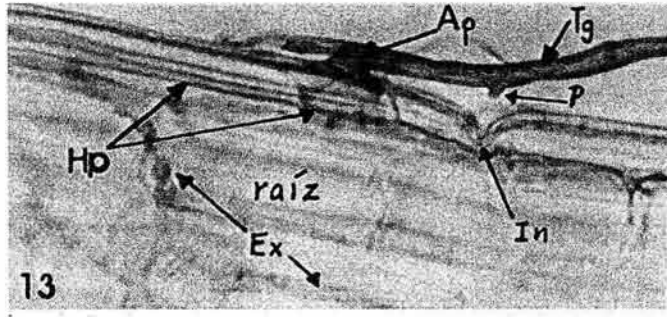


Lámina II. (fotos 13-20) Microfotografías ópticas de la colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) a un mes después de la emergencia de las plántulas



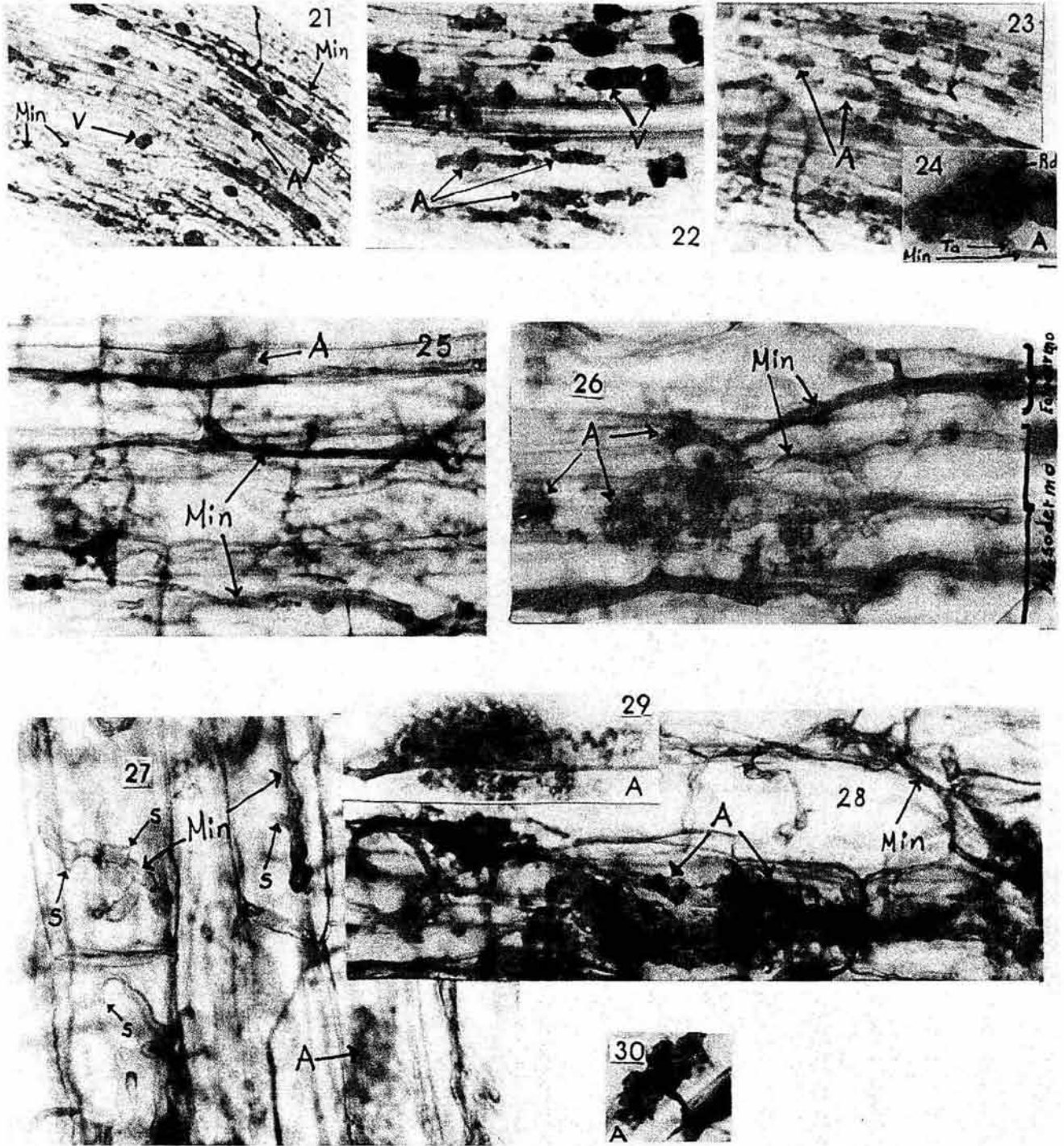


Lámina III. (fotos 21 - 30) Colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) en suelo esterilizado, 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.

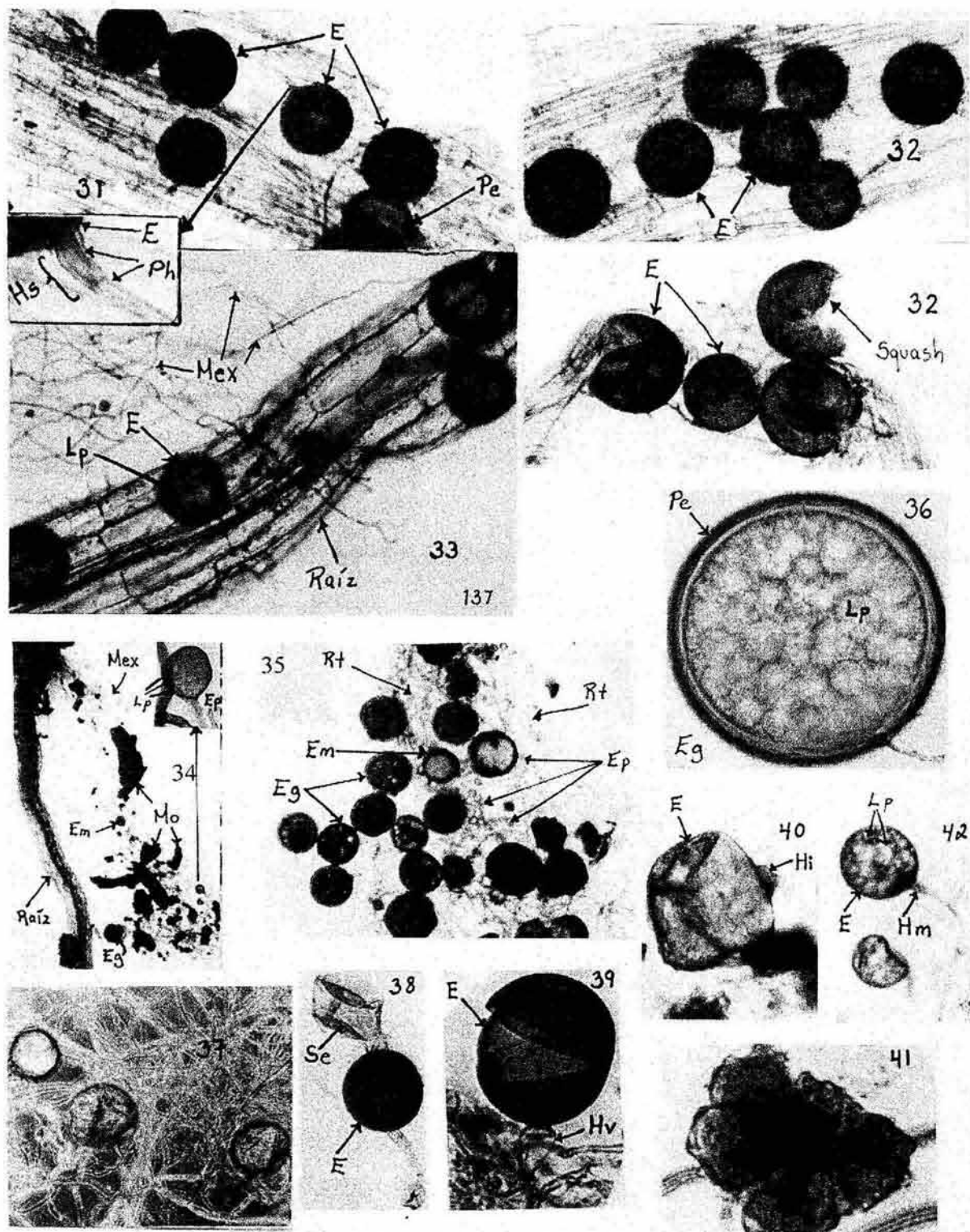


Lámina IV. (fotos 31 - 42) Colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) en suelo esterilizado. 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.

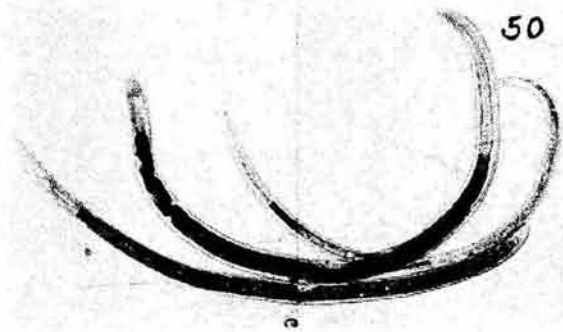
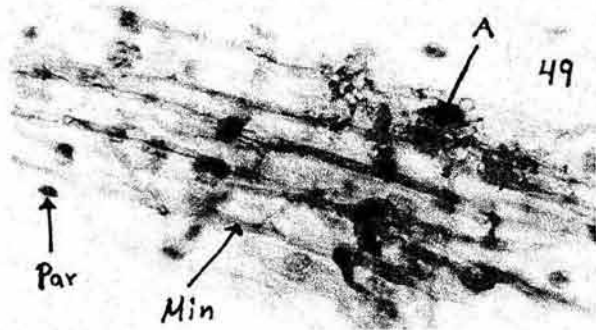
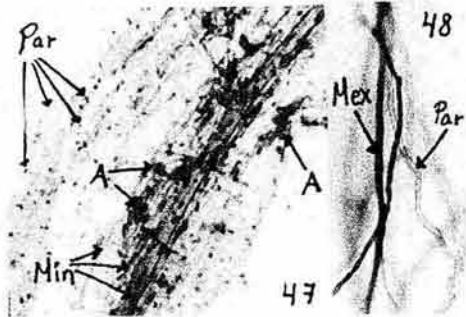
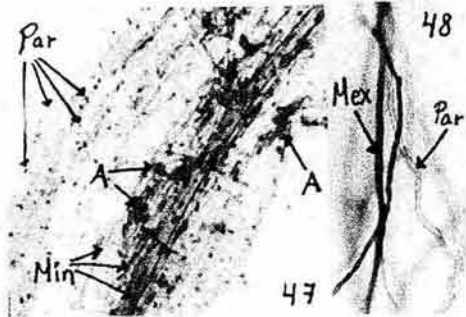
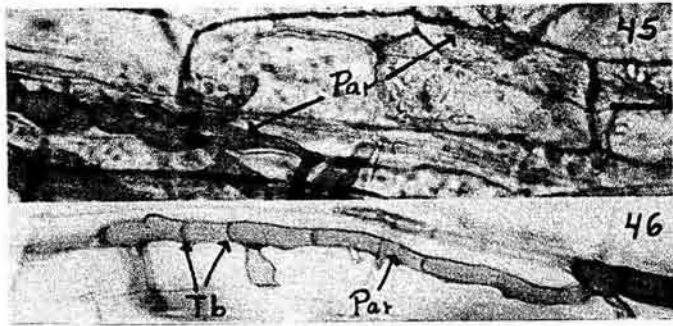
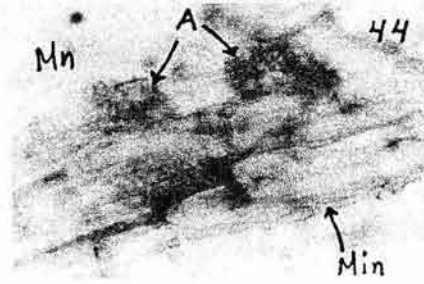
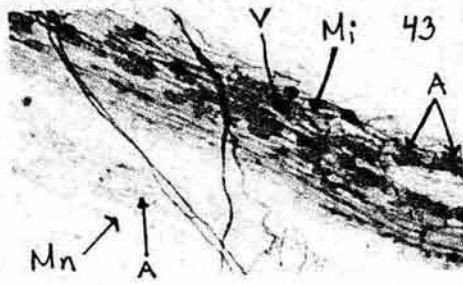
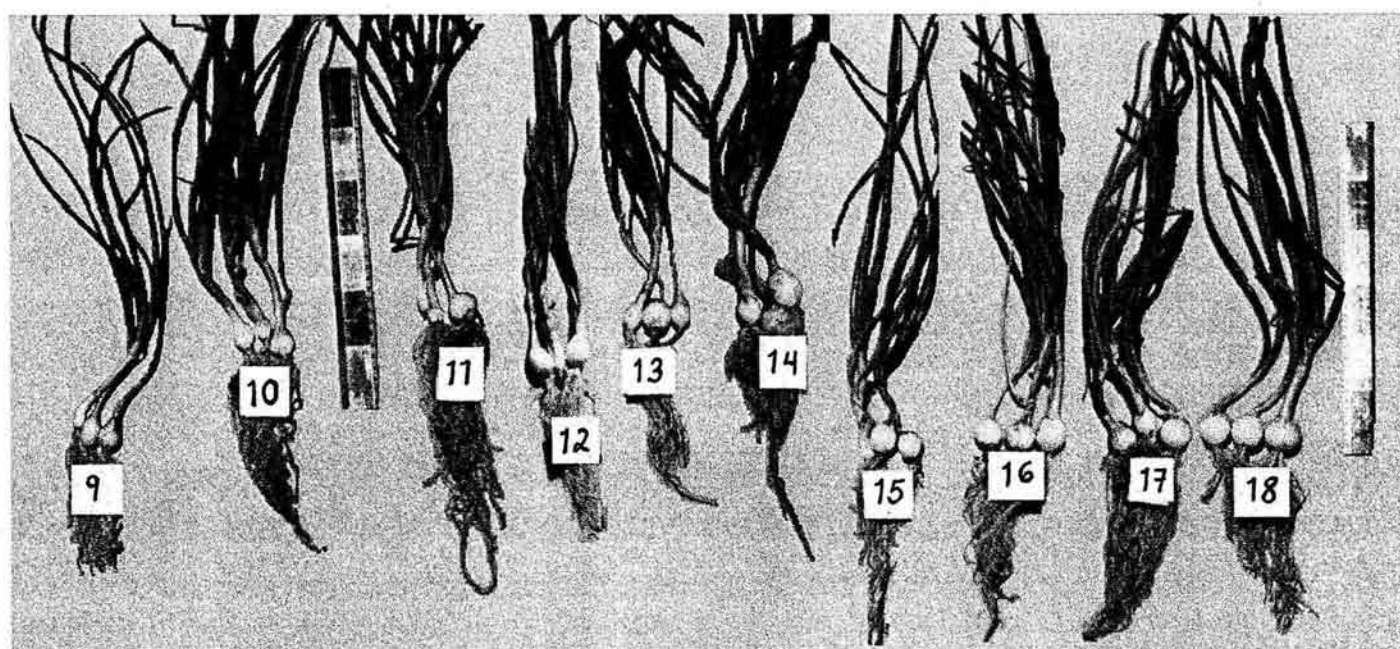
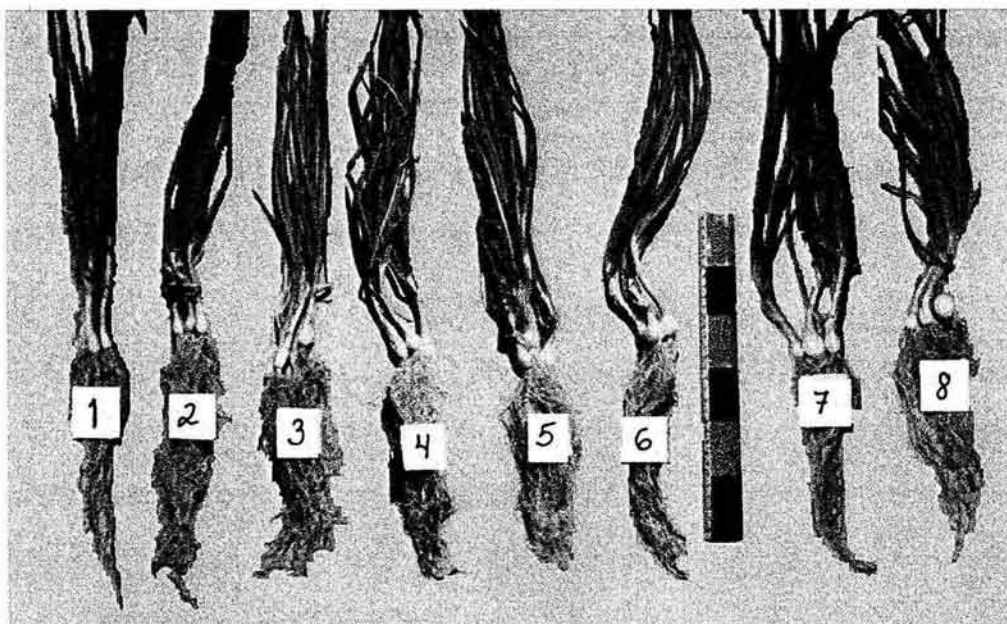


Lámina V. (fotos 43-50) Colonización interna de los tratamientos en suelo no esterilizado (con micorriza nativa mn) a 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.





**Figs. 51 y 52** Desarrollo de las cebollas con los diferentes tratamientos: (1)Mn +mn; (2) Mn; (3) T+mn; (4) T; (5) qMi; (6) q; (7) qMi +mn; (8) c; (9) cqMi; (10) q+mn; (11) cq; (12) c+mn; (13)Mi+mn; (14) cq+mn; (15) Mi; (16) cqMi+mn; (17) cMi+mn; (18) cMi; a los 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas; (cada segmento de la regla equivale a 5 cm).

**Lámina I. (fotos 1-12) Microfotografías ópticas de esporotipos del inóculo de hongos micorrízicos arbusculares nativos (Mn) de Sta. Catarina, así como del inóculo introducido (Mi).**

**Inóculo nativo (Mn).** Fotos 1-6, *Glomus sp.* (800X), campo claro **Foto 7.** *Gigaspora sp.* (500X), campo claro **Fotos 8 y 9.** *Scutellospora sp.* (1200 y 800X) respectivamente, campo claro **Foto 10.** *Acaulospora sp.* (100X), contraste de fase.

**Inóculo introducido (Mi).** **Foto 11.** *Glomus mosseae* (500X), luz incidente. **Foto 12.** Vista panorámica, (150X).

**Lámina II. (fotos 13-20) Microfotografías ópticas de la colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) a un mes después de la emergencia de las plántulas**

#### **Colonización interna**

**Foto 13.** Tratamiento (qMi). Inicio de la colonización del hongo introducido (punto primario de colonización), el tubo de germinación (Tg) tiene una proyección (P) que se dirige a la raíz, y le produce una invaginación (In). También se observa un apesorio (Ap), del cual surge una hifa de penetración (Hp), que entra a la epidermis y se extiende (Ex) al interior de la raíz, (300X), campo claro. Tinción con azul de Tripiano.

**Foto 14.** Tratamiento (cMi). hifa intracelular dividida dicotómicamente (Dd), de la que deriva un arbusculos (A) y una vesícula (V). Se presenta una atrofia en la pared celular (Ac) que rodea a la vesícula, (350X), campo claro.

**Foto 15.** Tratamiento con (Mi). Micelio interno bien desarrollado formando cordones gruesos, el cual presenta hifas intracelulares (Ha), intercelulares (He) y una vesícula (V), (350X), campo claro.

**Foto 16.** Tratamiento con (Mn). Raíz con micelio interno, y gran cantidad de arbusculos maduros, (350X), campo claro. **Foto 17.** Tratamiento con (Mn), Micelio interno, ovillos y arbusculos, (350X), campo claro.

#### **Colonización externa.**

**Foto 18.** Tratamiento con (Mi). Micelio externo poco denso y sin esporas, (120X), campo claro

**Foto 19.** Tratamiento con (Mn), Micelio externo abundante, con esporas, (por lo menos seis esporotipos), (120X), campo claro **Foto 20.** Tres de los esporotipos más frecuentes, (300X), campo claro.

**Lámina III. (fotos 21 – 30) Colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) en suelo esterilizado, 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.**

**Colonización interna.**

**Foto 21.** Tratamiento (Mi). Vesículas, micelio interno ocupando la mayor parte de la raíz, y arbusculos. El hongo micorrízico se encuentra en fase de meseta o máximo desarrollo, (125X), campo claro. **Foto 22.** Tratamientos (qMi) y (cqMi); se aprecian en ambos un desarrollo similar de vesículas, las cuales son mas abundantes que los arbusculos, (150X), campo claro **Foto 23.** Tratamiento (cMi); con mayor densidad de arbusculos que de vesículas, (150X), campo claro. **Foto 24.** Tratamiento (cMi); arbusculo que llena la célula hospedera, (500X), campo claro.

**Fotos 25 a 33.** Tratamiento (Mn). **Foto 25.** Colonización interna fina (Min), con arbusculos (A) tenues, principalmente en raíces delgadas, (400X); **Foto 26.** Micelio interno (Min) con hifas gruesas y abundantes, que se extienden hasta la mesodermis de la raíz. Se aprecian pocos arbusculos (A). **Foto 27.** Micelio interno con hifas onduladas y con saliente (S) que podrían ser el inicio de divisiones dicotómicas. Los arbusculos (A) son escasos. **Foto 28.** Arbusculos maduros (A), en mayor densidad que el micelio interno (Min), el cual es fino. **Fotos 29 y 30.** Se aprecian 2 de los 4 arbusculos localizados en (Mn). fotos 25 a 30; (500X), campo claro.

**Lámina IV. (fotos 31 – 42) Colonización interna y externa de (Mi) y (Mn) en suelo esterilizado, 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.**

**Colonización interna**

**Foto 31.** Esporas con pared gruesa (Pe); la hifa de sujeción (Hs), en forma de embudo, con pared gruesa (Ph) y afin al azul de Tripano, (200X); acercamiento de la hifa de sujeción, (500X), campo claro. **Foto 32.** Esporas, poco teñidas, sin hifa de sujeción, (200X), campo claro. **Foto 33.** Esporas intraradicales, color ámbar translúcido, con gotas lipídicas (Lp); el micelio interno y las esporas no son afines al azul de T. El micelio externo si se tiñó, presentaba hifas delgadas abundantes, (250X), campo claro.

**Colonización externa**

**Fotos 34 a 36.** Tratamiento (Mi). Hifas abundantes (Mex), y esporas con gotas lipídicas (Lp), en diferentes etapas de maduración; (1) pequeñas cristalinas (Ep); (2) medianas (Em); (3) grandes de color amarillo (Eg) y pared gruesa (Pe). El micelio externo forma una red tridimensional (Rt); y presenta materia orgánica (Mo) adherida, (80, 200 y 400X) respectivamente, campo claro.



**Fotos 37 a 42.** Tratamiento (Mn). **Foto 37.** Micelio externo denso, con 10 a 15 esporotipos, (200X), contraste de fase. **Foto 38.** Esporas (E) perteneciente a la familia Acaulosporaceae; con saco esporífero (Se) lateral y pared ornamentada, (400X), campo claro. **Fotos 39 y 40.** Esporas (E) de la familia Gigasporaceae; con hifa de sujeción en forma de bulbo; inclinadas (Hi) ó verticales (Hv), (300 y 400X), respectivamente, campo claro. **Foto 41.** Micelio externo con células auxiliares, correspondiente a la familia Gigasporaceae, (500X), campo claro. **Figura 42.** Esporas (E) de la familia Glomaceae, con una hifa de sujeción en forma recta o de embudo (Hm), y gotas lipídicas (Lp), (200X), campo claro.

**Lámina V. (fotos 43-50) Colonización interna de los tratamientos en suelo no esterilizado (con micorriza nativa mn) a 3.5 meses después de la emergencia de las plántulas.**

**Foto 43.** Tratamiento (Mi+mn). Se aprecia colonización en equilibrio. La mitad de la raíz contiene (Mi) y la otra (Mn), (125X), campo claro. **Foto 44.** Tratamiento (Mn+mn). Micelio interno (Min), reticulado, con arbuscúlos (A), (350X), campo claro. **Fotos 45 y 46.** Tratamiento (T+mn). Dos endoparásitos fungales (Par), con micelio tabicado (Tb), (500X), campo claro. **Foto 47.** Tratamientos (q+mn) y (cq+mn). Con hongos ectoparásitos característicos del género *Pythium*, micelio interno (Min) y arbuscúlos (A) de hongos micorrízicos nativos, (350X), campo claro.

**Foto 48.** Hongo parásito (Par) de micelio externo (Mex), (500X), campo claro. **Foto 49.** Tratamiento (c+mn). Se observa micelio interno (Min) con arbuscúlos (A), y hongos ectoparásitos (Par) que recuerdan al género *Pythium*, (350X), campo claro. **Foto 50.** Fitonemátodos, en los tratamientos con suelo sin esterilizar, (125X), campo claro.

## **IX. Apéndice**

**TABLA 1: PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN DEL HONGO MICORRÍZICO INTRODUCIDO A UN MES DE LA EMERGENCIA DE LAS PLANTAS; EN SUELO ESTERILIZADO.**

T R A T A M I E N T O S

T	Mn	qMi	q	c	cqMi	cq	Mi	cMi
Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2	Maceta 2

planta 1	0	18.1	7.79	0	0	10.76	0	9.35	12.15
planta 2	0	17.02	6.55	0	0	11.84	0	10.11	11.79
planta 3	0	19.5	7.3	0	0	11.32	0	9.6	10.97
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>18.21</b>	<b>7.21</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11.31</b>	<b>0.00</b>	<b>9.69</b>	<b>11.64</b>

Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4	Maceta 4
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

planta 1	0	22	7.42	0	0	9.68	0	8.79	15.25
planta 2	0	21.52	6.18	0	0	10.86	0	9.48	16.42
planta 3	0	22.18	5.87	0	0	10.44	0	10.58	15.97
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>21.90</b>	<b>6.49</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.33</b>	<b>0.00</b>	<b>9.62</b>	<b>15.88</b>

Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7	Maceta 7
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

planta 1	0	20.19	6.43	0	0	10.86	0	9.67	13.44
planta 2	0	19.67	7.66	0	0	12.74	0	7.84	12.13
planta 3	0	20.58	7.19	0	0	11.92	0	8.62	12.68
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>20.15</b>	<b>7.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11.84</b>	<b>0.00</b>	<b>8.71</b>	<b>12.75</b>

Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10	Maceta 10
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

planta 1	0	17.26	5.82	0	0	10.19	0	6.72	11.65
planta 2	0	17.74	8.74	0	0	11.28	0	7.45	13.91
planta 3	0	18.4	7.22	0	0	10.56	0	6.85	13.36
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>17.80</b>	<b>7.26</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.68</b>	<b>0.00</b>	<b>7.01</b>	<b>12.97</b>

Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12	Maceta 12
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

planta 1	0	19.86	6	0	0	12.79	0	7.75	11.84
planta 2	0	18.16	7.1	0	0	11.39	0	8.63	11.02
planta 3	0	18.75	7.38	0	0	11.04	0	7.19	10.44
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>18.92</b>	<b>6.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11.74</b>	<b>0.00</b>	<b>7.86</b>	<b>11.10</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.00</b>	<b>19.4</b>	<b>6.97</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11.18</b>	<b>0.00</b>	<b>8.58</b>	<b>12.87</b>

**TABLA 2: PESO FRESCO DEL RENDIMIENTO TOTAL, UN MES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE LAS PLÁNTULAS EN SUELO ESTERILIZADO.**

T R A T A M I E N T O S

Mn	Mi	T	cMi	qMi	q	cqMi	c	cq
Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1

planta 1	0.1244	0.1224	0.1645	0.1958	0.2372	0.2352	0.33	0.2967	0.5249
planta 2	0.1104	0.1063	0.1542	0.1796	0.2103	0.2333	0.2827	0.2964	0.4852
planta 3	0.0899	0.0909	0.144	0.1629	0.2182	0.2248	0.24	0.26	0.4456
<b>promedio</b>	<b>0.1082</b>	<b>0.1065</b>	<b>0.1542</b>	<b>0.1794</b>	<b>0.2219</b>	<b>0.2311</b>	<b>0.2842</b>	<b>0.2844</b>	<b>0.4852</b>

Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

planta 1	0.12	0.1163	0.1608	0.1855	0.2166	0.235	0.3237	0.2875	0.4802
planta 2	0.0967	0.0987	0.1539	0.1752	0.2154	0.2327	0.2502	0.2829	0.48
planta 3	0.0899	0.0918	0.1484	0.1711	0.2135	0.2323	0.2468	0.2783	0.4703
<b>promedio</b>	<b>0.1022</b>	<b>0.1023</b>	<b>0.1544</b>	<b>0.1773</b>	<b>0.2152</b>	<b>0.2333</b>	<b>0.2736</b>	<b>0.2829</b>	<b>0.4768</b>

Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

planta 1	0.1125	0.1222	0.1532	0.1816	0.2174	0.2332	0.2884	0.2898	0.5001
planta 2	0.0999	0.1035	0.1529	0.1803	0.2155	0.2327	0.2808	0.2882	0.4827
planta 3	0.0893	0.0982	0.1463	0.1794	0.2141	0.2326	0.2693	0.2879	0.4753
<b>promedio</b>	<b>0.1006</b>	<b>0.1080</b>	<b>0.1508</b>	<b>0.1804</b>	<b>0.2157</b>	<b>0.2328</b>	<b>0.2795</b>	<b>0.2886</b>	<b>0.4860</b>

Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

planta 1	0.1103	0.1065	0.1542	0.1799	0.2168	0.234	0.2818	0.2965	0.4863
planta 2	0.1032	0.1026	0.1531	0.1778	0.215	0.233	0.2757	0.2866	0.4812
planta 3	0.1011	0.1006	0.1516	0.1756	0.2144	0.2314	0.2704	0.2853	0.4728
<b>promedio</b>	<b>0.1049</b>	<b>0.1032</b>	<b>0.1530</b>	<b>0.1778</b>	<b>0.2154</b>	<b>0.2328</b>	<b>0.2760</b>	<b>0.2895</b>	<b>0.4801</b>

Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

planta 1	0.1009	0.1108	0.1593	0.1829	0.2218	0.2412	0.3217	0.2969	0.4852
planta 2	0.1004	0.1104	0.1539	0.1803	0.216	0.2323	0.2832	0.2966	0.4654
planta 3	0.1	0.1023	0.1491	0.1793	0.2065	0.2289	0.282	0.2888	0.451
<b>promedio</b>	<b>0.1004</b>	<b>0.1078</b>	<b>0.1541</b>	<b>0.1808</b>	<b>0.2148</b>	<b>0.2341</b>	<b>0.2956</b>	<b>0.2941</b>	<b>0.4672</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.1032</b>	<b>0.1056</b>	<b>0.1533</b>	<b>0.1791</b>	<b>0.2166</b>	<b>0.2328</b>	<b>0.2818</b>	<b>0.2879</b>	<b>0.4791</b>

**TABLA 3: PESO SECO DEL RENDIMIENTO TOTAL, UN MES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE LAS PLÁNTULAS EN SUELO ESTERILIZADO.**

T R A T A M I E N T O S

	Mn	Mi	T	cMi	qMi	q	cqMi	c	cq
	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1	Almácigo 1
planta 1	0.007	0.0072	0.0124	0.014	0.0141	0.0147	0.0176	0.023	0.03
planta 2	0.006	0.0063	0.0112	0.0126	0.0127	0.0146	0.0174	0.023	0.0238
planta 3	0.0052	0.0055	0.01	0.0112	0.0133	0.0122	0.017	0.02	0.0189
<b>promedio</b>	<b>0.0061</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0112</b>	<b>0.0126</b>	<b>0.0134</b>	<b>0.0138</b>	<b>0.0173</b>	<b>0.0220</b>	<b>0.0242</b>

	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2	Almácigo 2
planta 1	0.0062	0.0065	0.0118	0.012	0.0132	0.0146	0.0172	0.0222	0.0213
planta 2	0.006	0.0061	0.0112	0.0119	0.0123	0.014	0.0172	0.022	0.0207
planta 3	0.0057	0.006	0.0106	0.0115	0.012	0.0134	0.0171	0.0203	0.0201
<b>promedio</b>	<b>0.0060</b>	<b>0.0062</b>	<b>0.0112</b>	<b>0.0118</b>	<b>0.0125</b>	<b>0.0140</b>	<b>0.0172</b>	<b>0.0215</b>	<b>0.0207</b>

	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3	Almácigo 3
planta 1	0.0065	0.0066	0.011	0.0121	0.0134	0.0143	0.0174	0.0225	0.025
planta 2	0.0053	0.0063	0.0109	0.0119	0.0128	0.014	0.0173	0.0224	0.0231
planta 3	0.0052	0.0061	0.0105	0.0117	0.0127	0.0138	0.0173	0.0224	0.0204
<b>promedio</b>	<b>0.0057</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0108</b>	<b>0.0119</b>	<b>0.0130</b>	<b>0.0140</b>	<b>0.0173</b>	<b>0.0224</b>	<b>0.0228</b>

	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4	Almácigo 4
planta 1	0.0063	0.0063	0.0113	0.0121	0.0128	0.0146	0.0175	0.023	0.0247
planta 2	0.0061	0.0062	0.011	0.0119	0.0126	0.0142	0.0172	0.0222	0.023
planta 3	0.006	0.0062	0.0109	0.0118	0.0125	0.013	0.0172	0.0221	0.0202
<b>promedio</b>	<b>0.0061</b>	<b>0.0062</b>	<b>0.0111</b>	<b>0.0119</b>	<b>0.0126</b>	<b>0.0139</b>	<b>0.0173</b>	<b>0.0224</b>	<b>0.0226</b>

	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5	Almácigo 5
planta 1	0.0061	0.0065	0.0118	0.0126	0.0132	0.0149	0.0177	0.0232	0.0246
planta 2	0.0058	0.0064	0.0112	0.012	0.0129	0.0137	0.0176	0.023	0.0229
planta 3	0.0053	0.0063	0.0107	0.0116	0.0122	0.0125	0.0174	0.0225	0.02
<b>promedio</b>	<b>0.0057</b>	<b>0.0064</b>	<b>0.0112</b>	<b>0.0121</b>	<b>0.0128</b>	<b>0.0137</b>	<b>0.0176</b>	<b>0.0229</b>	<b>0.0225</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.0059</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0111</b>	<b>0.012</b>	<b>0.0127</b>	<b>0.0139</b>	<b>0.0173</b>	<b>0.0214</b>	<b>0.0226</b>

**TABLA 4: PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN CAUSADA POR EL HONGO MICORRÍZICO INTRODUCIDO A LOS 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE LAS PLÁNTULAS; EN SUELO ESTERILIZADO.**

**T R A T A M I E N T O S**

<b>T</b>	<b>Mn</b>	<b>qMi</b>	<b>q</b>	<b>c</b>	<b>cqMi</b>	<b>cq</b>	<b>Mi</b>	<b>cMi</b>
Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3	Maceta 3

planta 1	0	77.65	60.32	0	0	68.72	0	75.28	79.82
planta 2	0	92.34	54.38	0	0	75.29	0	52.32	65.98
planta 3	0	67.92	75.22	0	0	80.02	0	70.35	80.24
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>79.30</b>	<b>63.31</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>74.68</b>	<b>0.00</b>	<b>65.98</b>	<b>75.35</b>

Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6	Maceta 6
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

planta 1	0	65.14	48.39	0	0	88.33	0	80.92	83.97
planta 2	0	87.38	67.85	0	0	65.24	0	79.44	80.45
planta 3	0	79.73	72.28	0	0	70.32	0	72.93	75.38
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>77.42</b>	<b>62.84</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>74.63</b>	<b>0.00</b>	<b>77.76</b>	<b>79.93</b>

Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9	Maceta 9
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

planta 1	0	65.18	54.32	0	0	55.36	0	62.22	72.23
planta 2	0	60.32	75.28	0	0	84.93	0	78.49	80.92
planta 3	0	88.94	80.33	0	0	75.37	0	75.66	81.33
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>71.48</b>	<b>69.98</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>71.89</b>	<b>0.00</b>	<b>72.12</b>	<b>78.16</b>

Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13	Maceta 13
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

planta 1	0	83.98	55.39	0	0	88.9	0	75.99	83.98
planta 2	0	90.91	65.97	0	0	91.32	0	62.38	80.96
planta 3	0	100	70.31	0	0	79.88	0	60.47	78.49
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>91.63</b>	<b>63.89</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>86.70</b>	<b>0.00</b>	<b>66.28</b>	<b>81.14</b>

Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15	Maceta 15
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

planta 1	0	98.93	63.28	0	0	75.25	0	79.48	79.44
planta 2	0	55.27	70.34	0	0	77.28	0	75.92	80.92
planta 3	0	58.32	55.55	0	0	70.31	0	66.76	75.44
<b>promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>70.84</b>	<b>63.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>74.28</b>	<b>0.00</b>	<b>74.05</b>	<b>78.60</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.00</b>	<b>78.13</b>	<b>64.61</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>76.43</b>	<b>0.00</b>	<b>71.24</b>	<b>78.64</b>



**TABLA 5: PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN CAUSADA POR EL HONGO MICORRÍZICO INTRODUCIDO, A LOS 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE LAS PLÁNTULAS; EN SUELO NO ESTERILIZADO (CON MICORRIZA NATIVA).**

T R A T A M I E N T O S

T+mn	Mn+mn	qMi+mn	q+mn	c+mn	cqMi+mn	cq+mn	Mi+mn	cMi+mn
Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1	Maceta 1

planta 1	85.97	77.92	71.32	80.44	79.56	80.15	77.28	88.92	83.44
planta 2	58.38	65.38	65.38	70.82	69.98	70.48	74.92	75.94	80.95
planta 3	72.35	82.93	83.44	79.48	82.14	83.98	80.94	90.46	93.53
<b>promedio</b>	<b>72.23</b>	<b>75.41</b>	<b>73.38</b>	<b>76.91</b>	<b>77.23</b>	<b>78.20</b>	<b>77.71</b>	<b>85.11</b>	<b>85.97</b>

	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5	Maceta 5
planta 1	63.92	62.94	66.37	99.38	70.94	75.44	76.99	77.88	85.88
planta 2	87.33	77.98	88.92	75.34	87.78	77.92	85.44	88.91	90.93
planta 3	55.38	83.46	70.24	71.42	76.99	85.44	75.95	91.13	100
<b>promedio</b>	<b>68.88</b>	<b>74.79</b>	<b>75.18</b>	<b>82.05</b>	<b>78.57</b>	<b>79.60</b>	<b>79.46</b>	<b>85.97</b>	<b>92.27</b>

	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8	Maceta 8
planta 1	47.38	55.32	86.98	93.97	83.95	83.12	84.96	77.94	100
planta 2	33.29	84.97	75.33	89.44	82.17	85.04	90.92	91.95	100
planta 3	78.34	77.95	83.93	85.36	90.57	77.96	79.94	90.4	100
<b>promedio</b>	<b>53.00</b>	<b>72.75</b>	<b>82.08</b>	<b>89.59</b>	<b>85.56</b>	<b>82.04</b>	<b>85.27</b>	<b>86.76</b>	<b>100.00</b>

	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11	Maceta 11
planta 1	65.44	96.66	83.92	81.32	71.48	80.99	73.21	81.47	99.87
planta 2	75.38	72.91	80.44	70.18	83.94	84.94	84.38	79.88	100
planta 3	77.99	95.93	85.92	69.95	81.98	72	80.23	78.46	88.99
<b>promedio</b>	<b>72.94</b>	<b>88.50</b>	<b>83.43</b>	<b>73.82</b>	<b>79.13</b>	<b>79.31</b>	<b>79.27</b>	<b>79.94</b>	<b>96.29</b>

	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14	Maceta 14
planta 1	54.38	82.32	77.93	88.14	85.91	81.92	88.24	93.81	100
planta 2	62.95	79.44	82.94	73.29	83.22	87.38	75.83	99.75	100
planta 3	68.38	77.92	81.78	82.34	81.49	85.88	88.12	100	100
<b>promedio</b>	<b>61.90</b>	<b>79.89</b>	<b>80.88</b>	<b>81.26</b>	<b>83.54</b>	<b>85.06</b>	<b>84.06</b>	<b>97.85</b>	<b>100.00</b>
<b>prom.total</b>	<b>65.79</b>	<b>78.27</b>	<b>78.99</b>	<b>80.72</b>	<b>80.81</b>	<b>80.84</b>	<b>81.16</b>	<b>87.13</b>	<b>94.91</b>

**TABLA 6: PESO FRESCO DEL BULBO, EN SUELO ESTERILIZADO; 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	Mn	T	qMi	q	c	cqMi	cq	Mi	cMi
	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3
planta 1	0.51	1.68	2.28	3.62	6.8	5.28	8.27	13.53	17.37
planta 2	0.432	1.1	2.25	3	3.92	3.68	5.15	9.04	15.8
planta 3	0.159	0.69	1.95	2.3	1.84	3.1	3.25	7.28	11.32
<b>promedio</b>	<b>0.3670</b>	<b>1.1567</b>	<b>2.1600</b>	<b>2.9733</b>	<b>4.1867</b>	<b>4.02</b>	<b>5.5567</b>	<b>9.9500</b>	<b>14.83</b>

	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6
planta 1	0.93	2.32	2.98	3.31	6.02	9.19	10.73	13.49	19.78
planta 2	0.812	1.19	2.88	3.14	4.88	4.13	4.604	8.8	15.78
planta 3	0.714	0.87	2.27	2.7	2.78	2.21	2.67	7.61	9.32
<b>promedio</b>	<b>0.8187</b>	<b>1.4600</b>	<b>2.71</b>	<b>3.05</b>	<b>4.5600</b>	<b>5.1767</b>	<b>6.0013</b>	<b>9.9667</b>	<b>14.9600</b>

	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9
planta 1	1.02	2.2	4.57	3.43	8.33	7.58	8.91	12.4	18.01
planta 2	0.88	1.74	2.1	3.38	4	4.88	7.34	10.25 <sup>*</sup>	16.06
planta 3	0.776	0.92	1.53	2.55	1.52	3.57	2.26	8.52	11.91
<b>promedio</b>	<b>0.8920</b>	<b>1.62</b>	<b>2.7333</b>	<b>3.1200</b>	<b>4.6167</b>	<b>5.3433</b>	<b>6.1700</b>	<b>10.3900</b>	<b>15.3267</b>

	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13
planta 1	1.874	3.23	5.6	5.25	8.22	6.82	8.87	13.24	19.844
planta 2	0.56	1.51	1.79	3.24	5.03	6.36	6.134	10.63	16.754
planta 3	0.41	0.25	1.68	1.63	1.36	4.07	3.542	9.63	10.73
<b>promedio</b>	<b>0.9480</b>	<b>1.6633</b>	<b>3.0233</b>	<b>3.3733</b>	<b>4.8700</b>	<b>5.7500</b>	<b>6.1820</b>	<b>11.1667</b>	<b>15.7760</b>

	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15
planta 1	1.57	4.39	3.78	4.68	10.72	7.95	9.68	20.91	20.15
planta 2	0.96	1.22	3.18	3.36	5	5.37	5.46	15.94	18.53
planta 3	0.743	1.09	2.92	2.24	1.73	4.74	3.443	2.76	9.68
<b>promedio</b>	<b>1.0910</b>	<b>2.2333</b>	<b>3.2933</b>	<b>3.4267</b>	<b>5.8167</b>	<b>6.0200</b>	<b>6.1943</b>	<b>13.2033</b>	<b>16.1200</b>
<b>prom.tota</b>	<b>0.823</b>	<b>1.627</b>	<b>2.784</b>	<b>3.189</b>	<b>4.81</b>	<b>5.262</b>	<b>6.021</b>	<b>10.935</b>	<b>15.402</b>

**TABLA 7: PESO FRESCO DEL BULBO, EN SUELO SIN ESTERILIZAR (CON MICORRIZA NATIVA); 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	Mn+mn	T+mn	qMi+mn	q+mn	c+mn	cqMi+mn	cq+mn	Mi+mn	cMi +mn
	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1
planta 1	0.972	0.924	3.432	3.843	8.223	12.786	9.598	9.749	12.340
planta 2	0.61	0.668	3.005	3.760	6.890	8.729	6.399	7.886	10.384
planta 3	0.462	0.421	2.754	1.889	4.098	7.640	6.000	3.883	9.873
<b>prom.</b>	<b>0.6813</b>	<b>0.671</b>	<b>3.064</b>	<b>3.164</b>	<b>6.404</b>	<b>9.718</b>	<b>7.332</b>	<b>7.173</b>	<b>10.866</b>

	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5
planta 1	1.051	1.006	4.004	4.002	9.644	12.031	8.286	7.083	12.011
planta 2	0.703	0.778	3.412	3.702	6.007	10.649	7.098	6.390	8.059
planta 3	0.322	0.532	2.742	2.283	5.323	7.134	6.499	5.121	9.001
<b>prom.</b>	<b>0.692</b>	<b>0.772</b>	<b>3.386</b>	<b>3.329</b>	<b>6.991</b>	<b>9.938</b>	<b>7.294</b>	<b>6.198</b>	<b>9.690</b>

	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8
planta 1	1.142	0.944	5.315	5.494	9.743	11.942	8.187	8.083	13.789
planta 2	0.815	0.888	4.538	2.880	6.932	8.785	6.740	5.925	11.192
planta 3	0.635	0.738	3.756	2.349	5.723	7.979	6.480	4.790	8.002
<b>prom.</b>	<b>0.864</b>	<b>0.857</b>	<b>4.536</b>	<b>3.574</b>	<b>7.466</b>	<b>9.569</b>	<b>7.136</b>	<b>6.266</b>	<b>10.994</b>

	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11
planta 1	1.371	1.460	5.505	6.894	8.898	13.572	8.143	6.324	12.243
planta 2	0.820	0.721	4.437	5.802	6.689	9.168	7.650	4.444	8.284
planta 3	0.514	0.530	3.738	2.749	5.800	7.084	6.189	4.344	7.599
<b>prom.</b>	<b>0.902</b>	<b>0.904</b>	<b>4.560</b>	<b>5.149</b>	<b>7.129</b>	<b>9.941</b>	<b>7.327</b>	<b>5.037</b>	<b>9.375</b>

	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14
planta 1	1.125	1.484	6.762	5.623	9.017	11.261	8.774	6.045	13.002
planta 2	0.893	0.949	4.562	4.743	7.833	10.169	7.796	5.008	10.990
planta 3	0.871	0.721	3.551	3.985	6.533	7.888	6.417	4.895	8.424
<b>promedio</b>	<b>0.963</b>	<b>1.051</b>	<b>4.958</b>	<b>4.784</b>	<b>7.794</b>	<b>9.773</b>	<b>7.663</b>	<b>5.316</b>	<b>10.805</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.820</b>	<b>0.851</b>	<b>4.101</b>	<b>5.914</b>	<b>8.157</b>	<b>12.546</b>	<b>9.985</b>	<b>8.398</b>	<b>13.066</b>

**TABLA 8: PESO SECO DEL BULBO, EN SUELO ESTERILIZADO; 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	<b>M<sub>n</sub></b>	<b>T</b>	<b>qMi</b>	<b>q</b>	<b>c</b>	<b>cqMi</b>	<b>cq</b>	<b>Mi</b>	<b>cMi</b>
	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3
planta 1	0.032	0.08	0.12	0.21	0.3	0.3	0.48	0.67	0.75
planta 2	0.0141	0.04	0.1	0.16	0.21	0.22	0.31	0.4	0.6
planta 3	0.008	0.02	0.07	0.14	0.18	0.19	0.13	0.3	0.52
<b>promedio</b>	<b>0.0180</b>	<b>0.0467</b>	<b>0.0967</b>	<b>0.1700</b>	<b>0.23</b>	<b>0.2367</b>	<b>0.3067</b>	<b>0.4567</b>	<b>0.6233</b>

	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6
planta 1	0.034	0.09	0.21	0.19	0.29	0.41	0.62	0.77	0.873
planta 2	0.015	0.04	0.11	0.18	0.27	0.2	0.17	0.45	0.64
planta 3	0.008	0.02	0.04	0.15	0.19	0.18	0.17	0.24	0.38
<b>promedio</b>	<b>0.0190</b>	<b>0.0500</b>	<b>0.1200</b>	<b>0.1733</b>	<b>0.2500</b>	<b>0.2633</b>	<b>0.32</b>	<b>0.4867</b>	<b>0.6310</b>

	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9
planta 1	0.033	0.08	0.17	0.21	0.47	0.46	0.61	0.61	0.94
planta 2	0.031	0.08	0.12	0.2	0.24	0.19	0.2	0.55	0.71
planta 3	0.008	0.02	0.1	0.14	0.16	0.17	0.15	0.33	0.6
<b>promedio</b>	<b>0.0240</b>	<b>0.06</b>	<b>0.13</b>	<b>0.1833</b>	<b>0.2900</b>	<b>0.2733</b>	<b>0.3200</b>	<b>0.4967</b>	<b>0.7500</b>

	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13
planta 1	0.101	0.17	0.32	0.22	0.47	0.33	0.59	0.61	0.92
planta 2	0.021	0.06	0.05	0.2	0.29	0.29	0.205	0.57	0.85
planta 3	0.004	0.01	0.05	0.13	0.16	0.21	0.18	0.53	0.48
<b>promedio</b>	<b>0.042</b>	<b>0.08</b>	<b>0.1400</b>	<b>0.1833</b>	<b>0.3067</b>	<b>0.2767</b>	<b>0.3250</b>	<b>0.57</b>	<b>0.7500</b>

	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15	MACETA15
planta 1	0.226	0.19	0.21	0.26	0.48	0.43	0.58	0.83	0.952
planta 2	0.029	0.06	0.18	0.19	0.27	0.3	0.41	0.81	0.806
planta 3	0.003	0.03	0.13	0.11	0.18	0.28	0.13	0.11	0.59
<b>promedio</b>	<b>0.0860</b>	<b>0.0933</b>	<b>0.1733</b>	<b>0.1867</b>	<b>0.31</b>	<b>0.3367</b>	<b>0.3733</b>	<b>0.5833</b>	<b>0.7827</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.038</b>	<b>0.066</b>	<b>0.132</b>	<b>0.179</b>	<b>0.277</b>	<b>0.277</b>	<b>0.329</b>	<b>0.519</b>	<b>0.707</b>

**TABLA 9: PESO SECO DEL BULBO, EN SUELO SIN ESTERILIZAR (CON MICORRIZA NATIVA); 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	Mn+mn	T+mn	qMi+mn	q+mn	c+mn	cqMi+mn	cq+mn	Mi+mn	cMi +mn
	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1
planta 1	0.06	0.054	0.32	0.35	0.49	0.49	0.67	0.74	0.73
planta 2	0.002	0.04	0.25	0.31	0.37	0.39	0.49	0.622	0.58
planta 3	0.002	0.011	0.07	0.28	0.29	0.31	0.36	0.48	0.55
<b>prom.</b>	<b>0.0213</b>	<b>0.0350</b>	<b>0.2133</b>	<b>0.3133</b>	<b>0.3833</b>	<b>0.3967</b>	<b>0.5067</b>	<b>0.6140</b>	<b>0.6200</b>

	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5
planta 1	0.04	0.071	0.34	0.4	0.54	0.541	0.61	0.66	0.715
planta 2	0.03	0.042	0.22	0.34	0.33	0.33	0.51	0.57	0.67
planta 3	0.003	0.007	0.21	0.23	0.32	0.32	0.37	0.45	0.55
<b>prom.</b>	<b>0.0254</b>	<b>0.0400</b>	<b>0.2567</b>	<b>0.3233</b>	<b>0.3967</b>	<b>0.3970</b>	<b>0.4967</b>	<b>0.5600</b>	<b>0.6450</b>

	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8
planta 1	0.05	0.07	0.25	0.35	0.52	0.56	0.66	0.73	0.72
planta 2	0.03	0.04	0.21	0.3	0.41	0.42	0.47	0.65	0.64
planta 3	0.01	0.02	0.16	0.29	0.31	0.31	0.41	0.45	0.47
<b>prom.</b>	<b>0.0303</b>	<b>0.0427</b>	<b>0.2067</b>	<b>0.3133</b>	<b>0.4133</b>	<b>0.4300</b>	<b>0.5133</b>	<b>0.6100</b>	<b>0.6100</b>

	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11
planta 1	0.08	0.07	0.252	0.36	0.51	0.52	0.65	0.746	0.69
planta 2	0.03	0.04	0.16	0.28	0.45	0.46	0.49	0.67	0.61
planta 3	0.02	0.017	0.19	0.24	0.28	0.27	0.32	0.52	0.51
<b>prom.</b>	<b>0.0431</b>	<b>0.0430</b>	<b>0.2007</b>	<b>0.2933</b>	<b>0.4133</b>	<b>0.4167</b>	<b>0.4867</b>	<b>0.6453</b>	<b>0.6033</b>

	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14
planta 1	0.16	0.061	0.25	0.34	0.49	0.51	0.61	0.81	0.7
planta 2	0.03	0.05	0.22	0.3	0.43	0.43	0.5	0.60	0.67
planta 3	0.02	0.04	0.17	0.27	0.28	0.31	0.41	0.41	0.51
<b>promedio</b>	<b>0.0713</b>	<b>0.0503</b>	<b>0.2133</b>	<b>0.3033</b>	<b>0.4000</b>	<b>0.4167</b>	<b>0.5073</b>	<b>0.6067</b>	<b>0.6267</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.0383</b>	<b>0.0422</b>	<b>0.2190</b>	<b>0.3133</b>	<b>0.4013</b>	<b>0.4114</b>	<b>0.5021</b>	<b>0.6072</b>	<b>0.6210</b>



**TABLA 10: PESO FRESCO DEL FOLLAJE, EN SUELO ESTERILIZADO; 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	<b>Mn</b>	<b>T</b>	<b>qMi</b>	<b>q</b>	<b>c</b>	<b>cqMi</b>	<b>cq</b>	<b>Mi</b>	<b>cMi</b>
	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3
planta 1	7.62	8.16	18.7	17.88	18.52	19.25	18.25	19.08	20.83
planta 2	6.23	7.34	10.68	11.84	13.81	11.02	12.33	11.36	18.58
planta 3	4.8	5.78	9.29	10.42	10.44	9.16	8.01	8.28	15.2
<b>promedio</b>	<b>6.2167</b>	<b>7.0933</b>	<b>12.8900</b>	<b>13.3800</b>	<b>14.2567</b>	<b>13.1433</b>	<b>12.8633</b>	<b>12.9067</b>	<b>18.2033</b>

	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6
planta 1	8.82	8.63	15.71	18.18	20.14	15.37	19.38	15.66	20.8
planta 2	8.25	7.32	14.06	12.86	14.35	15.34	15.26	13.87	18.85
planta 3	6.54	6.23	9.9	9.74	10.41	12.27	5.87	13.72	16.33
<b>promedio</b>	<b>7.8700</b>	<b>7.3933</b>	<b>13.2233</b>	<b>13.5933</b>	<b>14.9667</b>	<b>14.3267</b>	<b>13.5033</b>	<b>14.4167</b>	<b>18.6600</b>

	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9
planta 1	9.54	8.7	17.85	18.09	19.12	17.54	18.8	17.11	21.24
planta 2	8.92	7.52	15.26	14.91	16.81	13.63	17.23	15.23	19.22
planta 3	7.15	6.91	7.47	9.44	10.36	12.79	13.3	13.16	15.54
<b>promedio</b>	<b>8.5367</b>	<b>7.7100</b>	<b>13.5267</b>	<b>14.1467</b>	<b>15.4300</b>	<b>14.6533</b>	<b>16.4433</b>	<b>15.1667</b>	<b>18.6667</b>

	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13
planta 1	10.58	9.85	18.65	17.2	19.61	16.63	19.21	18.25	21.65
planta 2	9.64	8.32	12.78	13.95	16.08	15.78	17.52	14.23	19.71
planta 3	6.34	7.45	9.61	11.58	10.62	14.72	13.14	13.62	16.63
<b>promedio</b>	<b>8.8533</b>	<b>8.5400</b>	<b>13.6800</b>	<b>14.2433</b>	<b>15.4367</b>	<b>15.7100</b>	<b>16.6233</b>	<b>15.3667</b>	<b>19.3300</b>

	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15
planta 1	10.12	9.52	26.34	20.88	20.11	19.81	25.97	19.62	23.48
planta 2	8.79	8.94	20.82	14.9	18.07	16.9	17.46	17.21	20.11
planta 3	7.67	7.23	3.26	10.13	10.35	13.42	8.16	10.77	17.08
<b>promedio</b>	<b>8.8600</b>	<b>8.5633</b>	<b>16.8067</b>	<b>15.3033</b>	<b>16.1767</b>	<b>16.7100</b>	<b>17.1967</b>	<b>15.8667</b>	<b>20.2233</b>
<b>prom.total</b>	<b>8.067</b>	<b>7.86</b>	<b>14.025</b>	<b>14.133</b>	<b>15.253</b>	<b>14.909</b>	<b>15.326</b>	<b>14.745</b>	<b>19.017</b>



**TABLA 11: PESO FRESCO DEL FOLLAJE, EN SUELO SIN ESTERILIZAR (CON MICORRIZA NATIVA); 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

**T R A T A M I E N T O S**

	<b>Mn+mn</b>	<b>T+mn</b>	<b>qMi+mn</b>	<b>q+mn</b>	<b>c+mn</b>	<b>cqMi+mn</b>	<b>cq+mn</b>	<b>Mi+mn</b>	<b>cMi +mn</b>
	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1
planta 1	7.98	8.53	17.07	21.75	18.31	20.14	20	14.34	20.5
planta 2	6.78	8.14	14.47	11.7	16.23	19.1	16	10.94	20.49
planta 3	6.63	7.1	13.56	10.4	14.84	15.12	15.25	10.32	17.09
<b>prom.</b>	<b>7.1300</b>	<b>7.9233</b>	<b>15.0333</b>	<b>14.6167</b>	<b>16.4600</b>	<b>18.1200</b>	<b>17.0833</b>	<b>11.8667</b>	<b>19.3600</b>

	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5
planta 1	8.94	8.43	16.65	19.5	19.75	21.33	17.6	14.77	22.53
planta 2	8.22	7.88	15.18	19	16.91	19.46	17	13.61	19.42
planta 3	7.56	7.46	13.32	9.74	13.41	17.38	17	10.34	18.73
<b>prom.</b>	<b>8.2400</b>	<b>7.9233</b>	<b>15.0500</b>	<b>16.0800</b>	<b>16.6900</b>	<b>19.3900</b>	<b>17.2000</b>	<b>12.9067</b>	<b>20.2267</b>

	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8
planta 1	9.69	8.62	16.86	20	19	20.64	18.27	15.12	20.59
planta 2	8.63	8.025	15.25	19.2	16.14	20.05	16.95	14.51	20.22
planta 3	6.87	7.22	13.08	10.1	15.78	17.9	16.78	13.62	20.11
<b>prom.</b>	<b>8.3967</b>	<b>7.9550</b>	<b>15.0633</b>	<b>16.4333</b>	<b>16.9733</b>	<b>19.5300</b>	<b>17.3333</b>	<b>14.4167</b>	<b>20.3067</b>

	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11
planta 1	9.86	8.77	16.24	21.11	19	21.16	18	16.34	21.85
planta 2	8.77	8.53	15.22	20.54	16.93	19.45	17	15.25	20.22
planta 3	7.88	7.17	14.07	12.7	15.07	18.02	17	13.91	19.45
<b>prom.</b>	<b>8.8367</b>	<b>8.1567</b>	<b>15.1767</b>	<b>18.1167</b>	<b>17.0000</b>	<b>19.5433</b>	<b>17.3333</b>	<b>15.1667</b>	<b>20.5067</b>

	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14
planta 1	9.81	9.18	19.5	21.94	18.65	22.34	20.68	16.33	22.44
planta 2	9.07	8.5	18.43	19.15	17.62	20.2	16.91	16.24	20.16
planta 3	7.73	7.32	15.1	17.13	17.19	18.5	15.82	13.53	18.93
<b>promedio</b>	<b>8.8700</b>	<b>8.3333</b>	<b>17.6767</b>	<b>19.4067</b>	<b>17.8200</b>	<b>20.3467</b>	<b>17.8033</b>	<b>15.3667</b>	<b>20.5100</b>
<b>prom.total</b>	<b>8.295</b>	<b>8.058</b>	<b>15.600</b>	<b>16.931</b>	<b>16.989</b>	<b>19.386</b>	<b>17.354</b>	<b>13.945</b>	<b>20.182</b>

**TABLA 12: PESO SECO DEL FOLLAJE, EN SUELO ESTERILIZADO; 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

T R A T A M I E N T O S

	<b>Mn</b>	<b>T</b>	<b>qMi</b>	<b>q</b>	<b>c</b>	<b>cqMi</b>	<b>cq</b>	<b>Mi</b>	<b>cMi</b>
	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3
planta 1	0.347	0.3396	0.7644	0.5223	0.5853	0.6099	0.7411	0.6871	1.0754
planta 2	0.2379	0.1959	0.1871	0.4539	0.5432	0.4064	0.4645	0.2967	0.8112
planta 3	0.1742	0.1493	0.1871	0.0942	0.3738	0.313	0.3306	0.25	0.2008
<b>promedio</b>	<b>0.2530</b>	<b>0.2283</b>	<b>0.3795</b>	<b>0.3568</b>	<b>0.5008</b>	<b>0.4431</b>	<b>0.5121</b>	<b>0.4113</b>	<b>0.6958</b>

	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6
planta 1	0.5482	0.5473	0.6178	0.6989	0.7049	0.6038	0.6177	0.774	0.787
planta 2	0.2779	0.2179	0.4959	0.5184	0.5754	0.5067	0.5816	0.4552	0.7472
planta 3	0.1584	0.138	0.168	0.0926	0.2431	0.3437	0.4061	0.1389	0.604
<b>promedio</b>	<b>0.3282</b>	<b>0.3011</b>	<b>0.4272</b>	<b>0.4366</b>	<b>0.5078</b>	<b>0.4847</b>	<b>0.5351</b>	<b>0.4560</b>	<b>0.7127</b>

	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9
planta 1	0.5103	0.5361	0.8392	0.6802	0.6422	0.7845	0.6518	0.6736	0.8641
planta 2	0.4433	0.2014	0.3721	0.4788	0.4791	0.501	0.5166	0.5131	0.8346
planta 3	0.0737	0.1751	0.2272	0.2575	0.4284	0.2589	0.5044	0.3528	0.4678
<b>promedio</b>	<b>0.3424</b>	<b>0.3042</b>	<b>0.4795</b>	<b>0.4722</b>	<b>0.5166</b>	<b>0.5148</b>	<b>0.5576</b>	<b>0.5132</b>	<b>0.7222</b>

	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13
planta 1	0.6338	0.7652	0.6635	0.6173	0.814	0.7801	0.7751	0.6302	0.8491
planta 2	0.2871	0.1894	0.6059	0.5499	0.5801	0.601	0.6468	0.6007	0.7731
planta 3	0.1632	0.1723	0.178	0.3811	0.3144	0.2509	0.3047	0.3428	0.6982
<b>promedio</b>	<b>0.3614</b>	<b>0.3756</b>	<b>0.4825</b>	<b>0.5161</b>	<b>0.5695</b>	<b>0.5440</b>	<b>0.5755</b>	<b>0.5246</b>	<b>0.7735</b>

	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15
planta 1	0.7524	0.7471	0.7644	0.7474	0.9903	0.8998	0.7406	0.7134	0.9987
planta 2	0.1911	0.3301	0.4363	0.5128	0.4648	0.5201	0.6568	0.5387	0.8676
planta 3	0.1771	0.1123	0.3416	0.3914	0.3912	0.3112	0.3447	0.3836	0.7594
<b>promedio</b>	<b>0.3735</b>	<b>0.3965</b>	<b>0.5141</b>	<b>0.5505</b>	<b>0.6154</b>	<b>0.5770</b>	<b>0.5807</b>	<b>0.5452</b>	<b>0.8752</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.332</b>	<b>0.321</b>	<b>0.457</b>	<b>0.466</b>	<b>0.542</b>	<b>0.513</b>	<b>0.552</b>	<b>0.49</b>	<b>0.756</b>

**TABLA 13: PESO SECO DEL FOLLAJE, EN SUELO SIN ESTERILIZAR (CON MICORRIZA NATIVA); 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.**

**T R A T A M I E N T O S**

	<b>Mn+mn</b>	<b>T+mn</b>	<b>qMi+mn</b>	<b>q+mn</b>	<b>c+mn</b>	<b>cqMi+mn</b>	<b>cq+mn</b>	<b>Mi+mn</b>	<b>cMi+mn</b>
	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1
planta 1	0.3202	0.4458	0.6583	0.7172	0.5619	0.7686	0.6542	0.4476	0.8207
planta 2	0.2396	0.2382	0.5096	0.6999	0.5402	0.7392	0.6133	0.4014	0.6488
planta 3	0.2219	0.1396	0.2639	0.0987	0.4769	0.7123	0.6089	0.3849	0.6487
<b>prom.</b>	<b>0.2606</b>	<b>0.2745</b>	<b>0.4773</b>	<b>0.5053</b>	<b>0.5263</b>	<b>0.7400</b>	<b>0.6255</b>	<b>0.4113</b>	<b>0.7061</b>

	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5	MACETA 5
planta 1	0.3865	0.3822	0.5435	0.7494	0.6904	0.8035	0.6588	0.4338	0.8685
planta 2	0.3646	0.2929	0.4866	0.4592	0.6002	0.7244	0.6142	0.4113	0.8608
planta 3	0.3429	0.2454	0.4717	0.3849	0.5217	0.6952	0.6081	0.3946	0.6486
<b>prom.</b>	<b>0.3647</b>	<b>0.3068</b>	<b>0.5006</b>	<b>0.5312</b>	<b>0.6041</b>	<b>0.7410</b>	<b>0.6270</b>	<b>0.4132</b>	<b>0.7926</b>

	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8	MACETA 8
planta 1	0.4701	0.7152	0.5739	0.6214	0.8998	0.7854	0.7988	0.4732	0.9072
planta 2	0.3314	0.2605	0.5451	0.5247	0.6099	0.7402	0.5911	0.4591	0.8561
planta 3	0.3019	0.1796	0.5018	0.4535	0.3442	0.7012	0.5822	0.4356	0.6442
<b>prom.</b>	<b>0.3678</b>	<b>0.3851</b>	<b>0.5403</b>	<b>0.5332</b>	<b>0.6180</b>	<b>0.7423</b>	<b>0.6574</b>	<b>0.4560</b>	<b>0.8025</b>

	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11	MACETA 11
planta 1	0.4603	0.733	0.6182	0.7327	0.7845	0.9803	0.7988	0.5823	0.9807
planta 2	0.3621	0.2468	0.6101	0.7172	0.6099	0.7442	0.6089	0.5397	0.865
planta 3	0.3309	0.1986	0.4938	0.3849	0.5211	0.6089	0.6089	0.4517	0.6127
<b>prom.</b>	<b>0.3844</b>	<b>0.3928</b>	<b>0.5740</b>	<b>0.6116</b>	<b>0.6385</b>	<b>0.7778</b>	<b>0.6722</b>	<b>0.5246</b>	<b>0.8195</b>

	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14	MACETA 14
planta 1	0.4122	0.5917	0.6987	0.8224	0.7845	0.8825	0.7988	0.6439	0.9895
planta 2	0.3934	0.3673	0.6182	0.7575	0.6041	0.8526	0.6588	0.5467	0.9354
planta 3	0.387	0.239	0.4923	0.4599	0.6022	0.6987	0.6089	0.4451	0.7324
<b>promedio</b>	<b>0.3975</b>	<b>0.3993</b>	<b>0.6031</b>	<b>0.6799</b>	<b>0.6636</b>	<b>0.8113</b>	<b>0.6888</b>	<b>0.5452</b>	<b>0.8858</b>
<b>prom.total</b>	<b>0.355</b>	<b>0.352</b>	<b>0.539</b>	<b>0.572</b>	<b>0.610</b>	<b>0.762</b>	<b>0.654</b>	<b>0.470</b>	<b>0.801</b>

**TABLA: 14 VOLUMEN DE RAÍZ DESARROLLADO EN SUELO ESTERILIZADO, A LOS 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA**

**T R A T A M I E N T O S**

<b>Mn</b>	<b>T</b>	<b>qMi</b>	<b>q</b>	<b>c</b>	<b>cqMi</b>	<b>cq</b>	<b>Mi</b>	<b>cMi</b>
MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3	MACETA 3
6	6	12	11	13	13	14	12	15

MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6	MACETA 6
8	6	9	11	12	12	14	14	19

MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9	MACETA 9
7	7	12	12	12	12	13	13	18

MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13	MACETA 13
8	8	13	13	13	14	13	12	17

MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15	MACETA 15
7	7	11	10	13	13	14	14	15
<b>7.2</b>	<b>6.8</b>	<b>11.4</b>	<b>11.4</b>	<b>12.6</b>	<b>12.8</b>	<b>13.6</b>	<b>13</b>	<b>16.8</b>

**TABLA: 15 VOLUMEN DE RAÍZ DESARROLLADO EN SUELO SIN ESTERILIZAR, A LOS 3.5 MESES DESPUÉS DE LA EMERGENCIA**

**T R A T A M I E N T O S**

<b>Mn+mn</b>	<b>T+mn</b>	<b>qMi+mn</b>	<b>q+mn</b>	<b>c+mn</b>	<b>cqMi+mn</b>	<b>cq+mn</b>	<b>Mi+mn</b>	<b>cMi+mn</b>
MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1	MACETA 1
8	9	14	15	16	17	16	16	15

<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>	<b>MACETA 5</b>
8	6	14	14	15	18	16	14	18

<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>	<b>MACETA 8</b>
7	7	15	13	15	16	15	13	18

<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>	<b>MACETA 11</b>
8	7	13	13	14	17	18	13	17

<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>	<b>MACETA 14</b>
6	7	12	15	17	16	15	14	17
<b>7.4</b>	<b>7.2</b>	<b>13.6</b>	<b>14</b>	<b>15.4</b>	<b>16.8</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>17</b>

Estadística 1: Análisis de varianza de una vía

tos Porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

ra niveladora : Tratamientos

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 99%

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	464.38250	4	116.09562	72.092	0.0000
Dentro de grupos	32.20760	20	1.61038		
total	496.59010	24			

Tabla de medias para el porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
2	5	19.396000	0.7422574	0.5675174	17.892225	20.899775
3	5	6.976000	0.1424640	0.5675174	5.472225	8.479775
6	5	11.180000	0.2948389	0.5675174	9.676225	12.683775
8	5	8.578000	0.5154551	0.5675174	7.074225	10.081775
9	5	12.868000	0.8285614	0.5675174	11.364225	14.371775
total	25	11.799600	0.2538015	0.2538015	11.127091	12.472109

Análisis de rango múltiple para el porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey promedio	Grupos Homogéneos
2	5	6.976000	X
3	5	8.578000	XX
6	5	11.180000	XX
8	5	12.868000	X
9	5	19.396000	X

2= Micorriza nativa (Mn), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi)

8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)





Estadística 2: Análisis de varianza de una vía

atos : Porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

ifra niveladora : Tratamientos :

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 95%

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	464.38250	4	116.09562	72.092	0.0000
Dentro de grupos	32.20760	20	1.61038		
total	496.59010	24			

Tabla de medias para el porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
2	5	19.396000	0.7422574	0.5675174	18.194807	20.597193
3	5	6.976000	0.1424640	0.5675174	5.774807	8.177193
6	5	11.180000	0.2948389	0.5675174	9.978807	12.381193
8	5	8.578000	0.5154551	0.5675174	7.376807	9.779193
9	5	12.868000	0.8285614	0.5675174	11.666807	14.069193
total	25	11.799600	0.2538015	0.2538015	11.262410	12.336790

Análisis de rango múltiple para el porcentaje de colonización a 1 mes después de la emergencia

tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey promedio	Grupos Homogéneos
3	5	6.976000	X
8	5	8.578000	X
6	5	11.180000	X
9	5	12.868000	X
2	5	19.396000	X

2= Micorriza nativa (Mn), 3= químico + micorriza introducida (qMi), 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi)

8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)

Estadística 3: Análisis de Varianza de una vía

Datos: Peso fresco de la biomasa a 1 mes de la emergencia

Cifra niveladora: tratamientos

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 99%

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d.f.	Media de cuadrados	F-relación	nivel sig.
Entre grupos	0.5408302	8	0.0676038	3269.814	0.0000
Dentro de grupos	0.0007443	36	0.0000207		
Total (corregido)	0.5415745	44			

Tabla de medias para peso fresco de Biomasa por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Promedio	Error Estandar interno	Error Estandar combinado	99 %	Distribución Tukey
1	5	0.1032600	0.0014743	0.0020335	0.0976129	0.1089071
2	5	0.1055600	0.0011843	0.0020335	0.0999129	0.1112071
3	5	0.1533000	0.0006708	0.0020335	0.1476529	0.1589471
4	5	0.1791400	0.0006925	0.0020335	0.1734929	0.1847871
5	5	0.2166000	0.0013330	0.0020335	0.2109529	0.2222471
6	5	0.2328200	0.0004913	0.0020335	0.2271729	0.2384671
7	5	0.2879000	0.0019842	0.0020335	0.2822529	0.2935471
8	5	0.2817800	0.0038882	0.0020335	0.2761329	0.2874271
9	5	0.4790600	0.0034111	0.0020335	0.4734129	0.4847071
Total	45	0.2266022	0.0006778	0.0006778	0.2247199	0.2284846

Análisis de rango multiple para Peso fresco por biomasa por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Tukey Promedio	Grupos Homogéneos
1	5	0.1032600	X
2	5	0.1055600	X
3	5	0.1533000	X
4	5	0.1791400	X
5	5	0.2166000	X
6	5	0.2328200	X
8	5	0.2817800	X
7	5	0.2879000	X
9	5	0.4790600	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Micorriza introducida (Mi), 3= Testigo (T), 4= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 5= químico + micorriza introducida (qMi), 6= químico (q), 7= composta (c), 8= composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 9= composta + químico (cq)

## Estadística 4: Análisis de Varianza de una vía

Datos: Peso fresco de la biomasa a 1 mes de la emergencia  
Cifra niveladora: tratamientos

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95%

## Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d.f.	Media de cuadrados	F-relación	nivel de sig
Entre grupos	0.5408302	8	0.0676038	3269.814	0.0000
Dentro de grupos	0.0007443	36	0.0000207		
Total (corregido)	0.5415745	44			

## Tabla de medias para Peso fresco de biomasa por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Promedio	Error Estandar interno	Error Estandar combinado	95 %	Distribución Tukey
1	5	0.1032600	0.0014743	0.0020335	0.0985188	0.1080012
2	5	0.1055600	0.0011843	0.0020335	0.1008188	0.1103012
3	5	0.1533000	0.0006708	0.0020335	0.1485588	0.1580412
4	5	0.1791400	0.0006925	0.0020335	0.1743988	0.1838812
5	5	0.2166000	0.0013330	0.0020335	0.2118588	0.2213412
6	5	0.2328200	0.0004913	0.0020335	0.2280788	0.2375612
7	5	0.2879000	0.0019842	0.0020335	0.2831588	0.2926412
8	5	0.2817800	0.0038882	0.0020335	0.2770388	0.2865212
9	5	0.4790600	0.0034111	0.0020335	0.4743188	0.4838012
Total	45	0.2266022	0.0006778	0.0006778	0.2250218	0.2281826

## Análisis de rango múltiple para Peso fresco de biomasa por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Promedio	Tukey Grupos Homogéneos
1	5	0.1032600	X
2	5	0.1055600	X
3	5	0.1533000	X
4	5	0.1791400	X
5	5	0.2166000	X
6	5	0.2328200	X
8	5	0.2817800	X
7	5	0.2879000	X
9	5	0.4790600	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Micorriza introducida (Mi), 3= Testigo (T), 4= composta + Micorriza introducida (cMi)  
5= químico + micorriza introducida (qMi), 6= químico (q), 7= composta (c), 8= composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 9= composta + químico (cq)

**Estadística 5: Análisis de Varianza de una vía**

Datos: Peso seco de la biomasa a 1 mes de la emergencia

Cifra niveladora: tratamientos

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 99%

**Análisis de Varianza**

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Media de cuadrados	F-relación	nivel sig.
Entre grupos	0.0013832	8	1.72896E-4	828.134	0.0000
Dentro de grupos	0.0000075	36	2.08778E-7		
<b>Total (corregido)</b>	<b>0.0013907</b>	<b>44</b>			

**Tabla de medias para peso seco de biomasa por tratamiento**

Tratamiento	Repetición	Promedio	Error Estandar interno	Error Estandar combinado	99 %	Distribución Tukey
1	5	0.0059200	9.16515E-5	2.04342E-4	0.0053525	0.0064875
2	5	0.0063000	3.16228E-5	2.04342E-4	0.0057325	0.0068675
3	5	0.0111000	7.74597E-5	2.04342E-4	0.0105325	0.0116675
4	5	0.0120200	1.46287E-4	2.04342E-4	0.0114525	0.0125875
5	5	0.0127000	7.07107E-5	2.04342E-4	0.0121325	0.0132675
6	5	0.0138800	5.83095E-5	2.04342E-4	0.0133125	0.0144475
7	5	0.0173400	6.78233E-5	2.04342E-4	0.0167725	0.0179075
8	5	0.0213800	1.24097E-4	2.04342E-4	0.0208125	0.0219475
9	5	0.0225600	5.57315E-4	2.04342E-4	0.0219925	0.0231275
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>0.0136889</b>	<b>6.81139E-5</b>	<b>6.81139E-5</b>	<b>0.0134997</b>	<b>0.0138780</b>

**Análisis de rango multiple para peso seco de biomasa por tratamiento**

Tratamiento	Repetición	Tukey Promedio	Grupos Homogéneos
1	5	0.0059200	X
2	5	0.0063000	X
3	5	0.0111000	X
4	5	0.0120200	XX
5	5	0.0127000	X
6	5	0.0138800	X
7	5	0.0173400	X
8	5	0.0213800	X
9	5	0.0225600	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Micorriza introducida (Mi), 3=Testigo (T), 4= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 5= químico + micorriza introducida (qMi), 6= químico (q), 7= composta + químico + micorriza introducida (cqMi),  
 8= composta (c), 9= composta + químico (cq)

Estadística 6: Análisis de Varianza de una vía

Datos: Peso seco de la biomasa a 1 mes de la emergencia  
Cifra niveladora: tratamientos

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95%

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d.f.	Media de cuadrados	F-relación	nivel de sig.
Entre grupos	0.0013832	8	1.72896E-4	828.134	0.0000
Dentro de grupos	0.0000075	36	2.08778E-7		
Total (corregido)	0.0013907	44			

Tabla de medias para peso seco de biomasa por tratamiento

Tratamientos	Repetición	Promedio	Error Estandar interno	Error Estandar combinado	95%	Distribución Tukey
1	5	0.0059200	9.1651SE-5	2.04342E-4	0.0054436	0.0063964
2	5	0.0063000	3.16228E-5	2.04342E-4	0.0058236	0.0067764
3	5	0.0111000	7.74597E-5	2.04342E-4	0.0106236	0.0115764
4	5	0.0120200	1.46287E-4	2.04342E-4	0.0115436	0.0124964
5	5	0.0127000	7.07107E-5	2.04342E-4	0.0122236	0.0131764
6	5	0.0138800	5.83095E-5	2.04342E-4	0.0134036	0.0143564
7	5	0.0173400	6.78233E-5	2.04342E-4	0.0168636	0.0178164
8	5	0.0213800	1.24097E-4	2.04342E-4	0.0209036	0.0218564
9	5	0.0225600	5.57315E-4	2.04342E-4	0.0220836	0.0230364
Total	45	0.0136889	6.81139E-5	6.81139E-5	0.0135301	0.0138477

Análisis de rango multiple para peso seco de biomasa por tratamiento

Tratamientos	Repetición	Tukey Promedio	Grupos Homogéneos
1	5	0.0059200	X
2	5	0.0063000	X
3	5	0.0111000	X
4	5	0.0120200	XX
5	5	0.0127000	X
6	5	0.0138800	X
7	5	0.0173400	X
8	5	0.0213800	X
9	5	0.0225600	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Micorriza introducida (Mi), 3=Testigo (T), 4= composta + Micorriza introducida (cMi)  
5= químico + micorriza introducida (qMi), 6= químico (q), 7= composta + químico + micorriza introducida (cqMi),  
8= composta (c), 9= composta + químico (cq)



Estadística 7 : Análisis de varianza de una vía

atos : Porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

fra niveladora : Tratamientos

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 99%

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	3889.9602	13	299.22771	10.002	0.0000
Dentro de grupos	1675.3087	56	29.91623		
total	5565.2689	69			

Tabla de medias para el porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
2	5	78.134000	3.7515965	2.4460673	71.096753	85.17125
3	5	64.616000	1.3524149	2.4460673	57.578753	71.65325
6	5	76.436000	2.6173395	2.4460673	69.398753	83.47325
8	5	71.238000	2.2743140	2.4460673	64.200753	78.27525
9	5	78.636000	0.9739127	2.4460673	71.598753	85.67325
10	5	65.790000	3.7474018	2.4460673	58.752753	72.82725
11	5	78.268000	2.8110290	2.4460673	71.230753	85.30525
12	5	78.990000	1.9852204	2.4460673	71.952753	86.02725
13	5	80.726000	2.6726702	2.4460673	73.688753	87.76325
14	5	80.806000	1.5917242	2.4460673	73.768753	87.84325
15	5	80.842000	1.2267127	2.4460673	73.804753	87.87925
16	5	81.154000	1.4776082	2.4460673	74.116753	88.19125
17	5	87.126000	2.9340869	2.4460673	80.088753	94.16325
18	5	94.906000	2.6515441	2.4460673	87.868753	101.94325
total	70	78.404857	0.6537390	0.6537390	76.524074	80.28564

2= Micorriza nativa (Mn), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 8=Micorriza introducida (Mi), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 11=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).



Análisis de rango múltiple para el porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
3	5	64.616000	X
0	5	65.790000	XX
8	5	71.238000	XXX
6	5	76.436000	XXXX
2	5	78.134000	XXXX
1	5	78.268000	XXXX
9	5	78.636000	XXXX
2	5	78.990000	XXX
3	5	80.726000	XX
4	5	80.806000	XX
5	5	80.842000	XXX
6	5	81.154000	XXX
7	5	87.126000	XX
8	5	94.906000	X

3=químico + micorriza introducida (qMi), 10=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 8=Micorriza introducida (Mi), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 2= Micorriza nativa (Mn), 11=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Estadística 8: Análisis de varianza de una vía

atos : Porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

ifra niveladora : Tratamientos

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 95

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	3889.9602	13	299.22771	10.002	0.0000
Dentro de grupos	1675.3087	56	29.91623		
total	5565.2689	69			

Tabla de medias para el porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
2	5	78.134000	3.7515965	2.4460673	72.071861	84.19614
3	5	64.616000	1.3524149	2.4460673	58.553861	70.67814
6	5	76.436000	2.6173395	2.4460673	70.373861	82.49814
8	5	71.238000	2.2743140	2.4460673	65.175861	77.30014
9	5	78.636000	0.9739127	2.4460673	72.573861	84.69814
10	5	65.790000	3.7474018	2.4460673	59.727861	71.85214
11	5	78.268000	2.8110290	2.4460673	72.205861	84.33014
12	5	78.990000	1.9852204	2.4460673	72.927861	85.05214
13	5	80.726000	2.6726702	2.4460673	74.663861	86.78814
14	5	80.806000	1.5917242	2.4460673	74.743861	86.86814
15	5	80.842000	1.2267127	2.4460673	74.779861	86.90414
16	5	81.154000	1.4776082	2.4460673	75.091861	87.21614
17	5	87.126000	2.9340869	2.4460673	81.063861	93.18814
18	5	94.906000	2.6515441	2.4460673	88.843861	100.96814
total	70	78.404857	0.6537390	0.6537390	76.784682	80.02503

2= Micorriza nativa (Mn), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 8=Micorriza introducida (Mi), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 11=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Análisis de rango múltiple para el porcentaje de colonización a 3.5 meses después de la emergencia

tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
3	5	64.616000	X
0	5	65.790000	X
8	5	71.238000	XX
6	5	76.436000	XXX
2	5	78.134000	XX
1	5	78.268000	XX
9	5	78.636000	XX
2	5	78.990000	XX
3	5	80.726000	XX
4	5	80.806000	XX
5	5	80.842000	XX
6	5	81.154000	XX
7	5	87.126000	XX
8	5	94.906000	X

3=químico + micorriza introducida (qMi), 10=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 8=Micorriza introducida (Mi),  
 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 2= Micorriza nativa (Mn), 11=Micorriza nativa + micorriza nativa  
 (Mn+mn), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn),  
 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza  
 introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida +  
 micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Estadística 9 : Análisis de varianza de una vía

itos : Peso fresco del bulbo a 3.5 meses de la emergencia

fra niveladora : PFBULBO.trat

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 99

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	1762.1278	17	103.65458	256.014	0.0000
Dentro de grupos	29.1513	72	0.40488		
Total	1791.2791	89			

Tabla de medias para el peso fresco del bulbo por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.823400	0.1225074	0.2845623	-0.011995	1.658795
2	5	1.626600	0.1756942	0.2845623	0.791205	2.461995
3	5	2.783800	0.1888988	0.2845623	1.948405	3.619195
4	5	3.188600	0.0897879	0.2845623	2.353205	4.023995
5	5	4.810200	0.2743653	0.2845623	3.974805	5.645595
6	5	5.262000	0.3441699	0.2845623	4.426605	6.097395
7	5	6.020600	0.1213827	0.2845623	5.185205	6.855995
8	5	10.935400	0.6083552	0.2845623	10.100005	11.770795
9	5	15.402400	0.2432821	0.2845623	14.567005	16.237795
10	5	0.820400	0.0569268	0.2845623	-0.014995	1.655795
11	5	0.851000	0.0638302	0.2845623	0.015605	1.686395
12	5	4.100800	0.3688461	0.2845623	3.265405	4.936195
13	5	5.914000	0.2270848	0.2845623	5.078605	6.749395
14	5	8.156600	0.2865402	0.2845623	7.321205	8.991995
15	5	12.546400	0.3850928	0.2845623	11.711005	13.381795
16	5	9.984600	0.1346550	0.2845623	9.149205	10.819995
17	5	8.398000	0.3586847	0.2845623	7.562605	9.233395
18	5	13.066000	0.3975904	0.2845623	12.230605	13.901395
Total	90	6.371711	0.0670720	0.0670720	6.174807	6.568615

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Análisis de rango múltiple para peso fresco del bulbo por tratamiento

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
0	5	0.820400	X
1	5	0.823400	X
1	5	0.851000	X
2	5	1.626600	XX
3	5	2.783800	XX
4	5	3.188600	XXX
2	5	4.100800	XXX
5	5	4.810200	XXX
6	5	5.262000	XX
3	5	5.914000	X
7	5	6.020600	X
4	5	8.156600	X
7	5	8.398000	XX
6	5	9.984600	XX
8	5	10.935400	XX
5	5	12.546400	XX
8	5	13.066000	X
9	5	15.402400	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 10: Análisis de varianza de una vía

atos: Peso fresco del bulbo a 3.5 meses de la emergencia

fra niveladora: PFBULBO.trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	1762.1278	17	103.65458	256.014	0.0000
Dentro de grupos	29.1513	72	0.40488		
total	1791.2791	89			

Tabla de medias para el peso fresco del bulbo por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.823400	0.1225074	0.2845623	0.095267	1.551533
2	5	1.626600	0.1756942	0.2845623	0.898467	2.354733
3	5	2.783800	0.1888988	0.2845623	2.055667	3.511933
4	5	3.188600	0.0897879	0.2845623	2.460467	3.916733
5	5	4.810200	0.2743653	0.2845623	4.082067	5.538333
6	5	5.262000	0.3441699	0.2845623	4.533867	5.990133
7	5	6.020600	0.1213827	0.2845623	5.292467	6.748733
8	5	10.935400	0.6083552	0.2845623	10.207267	11.663533
9	5	15.402400	0.2432821	0.2845623	14.674267	16.130533
10	5	0.820400	0.0569268	0.2845623	0.092267	1.548533
11	5	0.851000	0.0638302	0.2845623	0.122867	1.579133
12	5	4.100800	0.3688461	0.2845623	3.372667	4.828933
13	5	5.914000	0.2270848	0.2845623	5.185867	6.642133
14	5	8.156600	0.2865402	0.2845623	7.428467	8.884733
15	5	12.546400	0.3850928	0.2845623	11.818267	13.274533
16	5	9.984600	0.1346550	0.2845623	9.256467	10.712733
17	5	8.398000	0.3586847	0.2845623	7.669867	9.126133
18	5	13.066000	0.3975904	0.2845623	12.337867	13.794133
total	90	6.371711	0.0670720	0.0670720	6.200088	6.543334

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)



Análisis de rango múltiple para peso fresco del bulbo por tratamiento

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio:	Grupos Homogéneos
0	5	0.820400	X
1	5	0.823400	X
1	5	0.851000	X
2	5	1.626600	XX
3	5	2.783800	XX
4	5	3.188600	X
2	5	4.100800	XX
5	5	4.810200	XX
6	5	5.262000	XX
3	5	5.914000	X
7	5	6.020600	X
4	5	8.156600	X
7	5	8.398000	X
6	5	9.984600	X
8	5	10.935400	X
5	5	12.546400	X
8	5	13.066000	X
9	5	15.402400	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
 micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
 micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
 (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 11: Análisis de varianza de una vía.

atos Peso seco del bulbo a 3.5 meses de la emergencia

ifra niveladora PSB.trat

Prueba : Tukey

Nivel de confianza: 99

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	3.9024001	17	0.2295529	93.083	0.0000
Dentro de grupos	0.1775604	72	0.0024661		
total	4.0799605	89			

Tabla de medias para el peso seco del bulbo por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.0378000	0.0128000	0.0222086	-0.0273983	0.1029983
2	5	0.0660000	0.0088826	0.0222086	0.0008017	0.1311983
3	5	0.1320000	0.0124860	0.0222086	0.0668017	0.1971983
4	5	0.1792000	0.0032619	0.0222086	0.1140017	0.2443983
5	5	0.2774000	0.0159612	0.0222086	0.2122017	0.3425983
6	5	0.2774000	0.0164487	0.0222086	0.2122017	0.3425983
7	5	0.3290000	0.0113974	0.0222086	0.2638017	0.3941983
8	5	0.5188000	0.0245447	0.0222086	0.4536017	0.5839983
9	5	0.7074000	0.0333955	0.0222086	0.6422017	0.7725983
10	5	0.0376000	0.0091411	0.0222086	-0.0275983	0.1027983
11	5	0.0426000	0.0027677	0.0222086	-0.0225983	0.1077983
12	5	0.2190000	0.0212861	0.0222086	0.1538017	0.2841983
13	5	0.3126000	0.0375161	0.0222086	0.2474017	0.3777983
14	5	0.4114000	0.0328064	0.0222086	0.3462017	0.4765983
15	5	0.6072000	0.0456611	0.0222086	0.5420017	0.6723983
16	5	0.5022000	0.0052096	0.0222086	0.4370017	0.5673983
17	5	0.4006000	0.0166451	0.0222086	0.3354017	0.4657983
18	5	0.6212000	0.0260507	0.0222086	0.5560017	0.6863983
total	90	0.3155222	0.0052346	0.0052346	0.3001548	0.3308896

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Análisis de rango múltiple para peso seco del bulbo por tratamiento

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
0	5	0.0376000	X
1	5	0.0378000	X
1	5	0.0426000	X
2	5	0.0660000	XX
3	5	0.1320000	XXX
4	5	0.1792000	XXX
12	5	0.2190000	XXX
5	5	0.2774000	XXX
6	5	0.2774000	XXX
13	5	0.3126000	XXX
7	5	0.3290000	XXX
17	5	0.4006000	XXX
14	5	0.4114000	XX
16	5	0.5022000	XX
8	5	0.5188000	XX
15	5	0.6072000	XX
18	5	0.6212000	XX
9	5	0.7074000	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
 micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
 micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
 (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 12 :Análisis de varianza de una vía

Objetos: Peso seco del bulbo a 3.5 meses de la emergencia

Varianza niveladora : PSB.trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	3.9024001	17	0.2295529	93.083	0.0000
Dentro de grupos	0.1775604	72	0.0024661		
Total	4.0799605	89			

Tabla de medias para el peso seco del bulbo por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.0378000	0.0128000	0.0222086	-0.0190271	0.0946271
2	5	0.0660000	0.0088826	0.0222086	0.0091729	0.1228271
3	5	0.1320000	0.0124860	0.0222086	0.0751729	0.1888271
4	5	0.1792000	0.0032619	0.0222086	0.1223729	0.2360271
5	5	0.2774000	0.0159612	0.0222086	0.2205729	0.3342271
6	5	0.2774000	0.0164487	0.0222086	0.2205729	0.3342271
7	5	0.3290000	0.0113974	0.0222086	0.2721729	0.3858271
8	5	0.5188000	0.0245447	0.0222086	0.4619729	0.5756271
9	5	0.7074000	0.0333955	0.0222086	0.6505729	0.7642271
10	5	0.0376000	0.0091411	0.0222086	-0.0192271	0.0944271
11	5	0.0426000	0.0027677	0.0222086	-0.0142271	0.0994271
12	5	0.2190000	0.0212861	0.0222086	0.1621729	0.2758271
13	5	0.3126000	0.0375161	0.0222086	0.2557729	0.3694271
14	5	0.4114000	0.0328064	0.0222086	0.3545729	0.4682271
15	5	0.6072000	0.0456611	0.0222086	0.5503729	0.6640271
16	5	0.5022000	0.0052096	0.0222086	0.4453729	0.5590271
17	5	0.4006000	0.0166451	0.0222086	0.3437729	0.4574271
18	5	0.6212000	0.0260507	0.0222086	0.5643729	0.6780271
Total	90	0.3155222	0.0052346	0.0052346	0.3021280	0.3289165

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3 =químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Análisis de rango múltiple para peso seco del bulbo por tratamiento

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey promedio:	Grupos Homogéneos
0	5	0.0376000	X
1	5	0.0378000	X
1	5	0.0426000	X
2	5	0.0660000	XX
3	5	0.1320000	XXX
4	5	0.1792000	XXX
12	5	0.2190000	XXX
5	5	0.2774000	XX
6	5	0.2774000	XX
13	5	0.3126000	XX
7	5	0.3290000	XX
17	5	0.4006000	XX
14	5	0.4114000	XXX
16	5	0.5022000	XXX
8	5	0.5188000	XXX
15	5	0.6072000	XXX
18	5	0.6212000	XX
9	5	0.7074000	X

**1=** Micorriza nativa (Mn), **2=** Testigo (T), **3=**químico + micorriza introducida (qMi), **4=** químico (q)  
**5=** composta (c) **6=** composta + químico + micorriza introducida (cqMi) **7=** composta + químico (cq)  
**8=** Micorriza introducida (Mi), **9=** composta + Micorriza introducida (cMi)  
**10=** Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), **11=** Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
**12=** químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), **13=** químico + micorriza nativa (q+mn), **14=** composta +  
micorriza nativa (c+mn) **15=** composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) **16=** composta + químico +  
micorriza nativa (cq+mn) **17=** micorriza introducida + micorriza nativa  
(Mi + mn), **18=** composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 13; Análisis de varianza de una vía

os : Peso fresco del follaje a 3.5 meses de la emergencia

ra niveladora : PFF.trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 99 %

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d . f .	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
entre grupos	1327.8156	17	78.106802	64.383	0.0000
dentro de grupos	87.3472	72	1.213156		
total	1415.1629	89			

Tabla de medias para el peso fresco del follaje por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	8.067340	0.4964954	0.4925761	6.621276	9.513404
2	5	7.859980	0.2987615	0.4925761	6.413916	9.306044
3	5	14.025280	0.7083241	0.4925761	12.579216	15.471344
4	5	14.133320	0.3346820	0.4925761	12.687256	15.579384
5	5	15.253360	0.3156642	0.4925761	13.807296	16.699424
6	5	14.908660	0.6085784	0.4925761	13.462596	16.354724
7	5	15.325980	0.8893254	0.4925761	13.879916	16.772044
8	5	14.744700	0.5152514	0.4925761	13.298636	16.190764
9	5	19.016660	0.3510979	0.4925761	17.570596	20.462724
10	5	8.294680	0.3158050	0.4925761	6.848616	9.740744
11	5	8.058300	0.0813785	0.4925761	6.612236	9.504364
12	5	15.600000	0.5197866	0.4925761	14.153936	17.046064
13	5	16.930680	0.8325523	0.4925761	15.484616	18.376744
14	5	16.988660	0.2302357	0.4925761	15.542596	18.434724
15	5	19.385940	0.3585122	0.4925761	17.939876	20.832004
16	5	17.350640	0.1224062	0.4925761	15.904576	18.796704
17	5	13.944700	0.6757840	0.4925761	12.498636	15.390764
18	5	20.182020	0.2128669	0.4925761	18.735956	21.628084
total	90	14.448383	0.1161013	0.1161013	14.107543	14.789224

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3= químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)



Análisis de rango múltiple para peso fresco del follaje por tratamiento

tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
2	5	7.859980	X
1	5	8.058300	X
1	5	8.067340	X
0	5	8.294680	X
7	5	13.944700	X
3	5	14.025280	X
4	5	14.133320	XX
8	5	14.744700	XXX
6	5	14.908660	XXX
5	5	15.253360	XXX
7	5	15.325980	XXX
2	5	15.600000	XXX
3	5	16.930680	XXX
4	5	16.988660	XXX
6	5	17.350640	XXX
9	5	19.016660	XX
5	5	19.385940	XX
8	5	20.182020	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
(Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 14: Análisis de varianza de una vía

Objeto: Peso fresco del follaje a 3.5 meses de la emergencia

Variable dependiente: PFF.trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95 %

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	1327.8156	17	78.106802	64.383	0.0000
Dentro de grupos	87.3472	72	1.213156		
Total	1415.1629	89			

Tabla de medias para el peso fresco del follaje por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Promedio	Error estándar interno	Error estándar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias <sub>n</sub>
1	5	8.067340	0.4964954	0.4925761	6.806945	9.327735
2	5	7.859980	0.2987615	0.4925761	6.599585	9.120375
3	5	14.025280	0.7083241	0.4925761	12.764885	15.285675
4	5	14.133320	0.3346820	0.4925761	12.872925	15.393715
5	5	15.253360	0.3156642	0.4925761	13.992965	16.513755
6	5	14.908660	0.6085784	0.4925761	13.648265	16.169055
7	5	15.325980	0.8893254	0.4925761	14.065585	16.586375
8	5	14.744700	0.5152514	0.4925761	13.484305	16.005095
9	5	19.016660	0.3510979	0.4925761	17.756265	20.277055
10	5	8.294680	0.3158050	0.4925761	7.034285	9.555075
11	5	8.058300	0.0813785	0.4925761	6.797905	9.318695
12	5	15.600000	0.5197866	0.4925761	14.339605	16.860395
13	5	16.930680	0.8325523	0.4925761	15.670285	18.191075
14	5	16.988660	0.2302357	0.4925761	15.728265	18.249055
15	5	19.385940	0.3585122	0.4925761	18.125545	20.646335
16	5	17.350640	0.1224062	0.4925761	16.090245	18.611035
17	5	13.944700	0.6757840	0.4925761	12.684305	15.205095
18	5	20.182020	0.2128669	0.4925761	18.921625	21.442415
Total	90	14.448383	0.1161013	0.1161013	14.151305	14.745461

- 1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3= químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Tratamientos	Repeticiones	Distribución	
		Tukey promedio	Grupos Homogéneos
2	5	7.859980	X
1	5	8.058300	X
1	5	8.067340	X
0	5	8.294680	X
7	5	13.944700	X
3	5	14.025280	X
4	5	14.133320	X
8	5	14.744700	XX
6	5	14.908660	XXX
5	5	15.253360	XXX
7	5	15.325980	XXX
2	5	15.600000	XXX
3	5	16.930680	XXX
4	5	16.988660	XXX
6	5	17.350640	XX
9	5	19.016660	XX
5	5	19.385940	XX
8	5	20.182020	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
 micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
 micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
 (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 15: Análisis de varianza de una vía

atos: Peso seco del follaje a 3.5 meses de la emergencia

fra niveladora : PFF . trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 99

Análisis de varianza

fuente de variación	Suma de cuadrados	d . f .	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
dentro de grupos	1.8164630	17	0.1068508	34.346	0.0000
entre grupos	0.2239903	72	0.0031110		
total	2.0404533	89			

Tabla de medias para el peso seco del follaje por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.3317000	0.0211539	0.0249438	0.2584719	0.4049281
2	5	0.3211400	0.0299607	0.0249438	0.2479119	0.3943681
3	5	0.4565600	0.0237805	0.0249438	0.3833319	0.5297881
4	5	0.4664400	0.0335237	0.0249438	0.3932119	0.5396681
5	5	0.5420200	0.0219728	0.0249438	0.4687919	0.6152481
6	5	0.5127200	0.0231805	0.0249438	0.4394919	0.5859481
7	5	0.5522000	0.0128155	0.0249438	0.4789719	0.6254281
8	5	0.4900600	0.0246294	0.0249438	0.4168319	0.5632881
9	5	0.7558800	0.0325240	0.0249438	0.6826519	0.8291081
10	5	0.3550000	0.0243309	0.0249438	0.2817719	0.4282281
11	5	0.3517000	0.0255405	0.0249438	0.2784719	0.4249281
12	5	0.5390600	0.0230401	0.0249438	0.4658319	0.6122881
13	5	0.5722400	0.0322717	0.0249438	0.4990119	0.6454681
14	5	0.6101000	0.0232268	0.0249438	0.5368719	0.6833281
15	5	0.7624800	0.0141281	0.0249438	0.6892519	0.8357081
16	5	0.6541800	0.0124397	0.0249438	0.5809519	0.7274081
17	5	0.4700600	0.0278425	0.0249438	0.3968319	0.5432881
18	5	0.8013000	0.0288198	0.0249438	0.7280719	0.8745281
total	90	0.5302689	0.0058793	0.0058793	0.5130089	0.5475289

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
 micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
 micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
 (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Análisis de rango múltiple para peso seco del follaje por tratamiento

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey promedio	Grupos Homogéneos
2	5	0.3211400	X
1	5	0.3317000	XX
1	5	0.3517000	XXX
2	5	0.3550000	XXX
3	5	0.4565600	XXXX
4	5	0.4664400	XXXXX
7	5	0.4700600	XXXX
9	5	0.4900600	XXX
6	5	0.5127200	XXX
2	5	0.5390600	XXX
5	5	0.5420200	XXX
7	5	0.5522000	XXX
3	5	0.5722400	XXX
4	5	0.6101000	XXX
6	5	0.6541800	XXX
9	5	0.7558800	XXX
5	5	0.7624800	XX
8	5	0.8013000	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +  
 micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +  
 micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa  
 (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 16: Análisis de varianza de una vía

datos: Peso seco del follaje a 3.5 meses de la emergencia

fuente niveladora: PFF.trat

Prueba: Tukey

Nivel de confianza: 95

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
entre grupos	1.8164630	17	0.1068508	34.346	0.0000
dentro de grupos	0.2239903	72	0.0031110		
Total	2.0404533	89			

Tabla de medias para el peso seco del follaje por tratamiento

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estándar interno	Error estándar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	0.3317000	0.0211539	0.0249438	0.2678741	0.3955259
2	5	0.3211400	0.0299607	0.0249438	0.2573141	0.3849659
3	5	0.4565600	0.0237805	0.0249438	0.3927341	0.5203859
4	5	0.4664400	0.0335237	0.0249438	0.4026141	0.5302659
5	5	0.5420200	0.0219728	0.0249438	0.4781941	0.6058459
6	5	0.5127200	0.0231805	0.0249438	0.4488941	0.5765459
7	5	0.5522000	0.0128155	0.0249438	0.4883741	0.6160259
8	5	0.4900600	0.0246294	0.0249438	0.4262341	0.5538859
9	5	0.7558800	0.0325240	0.0249438	0.6920541	0.8197059
10	5	0.3550000	0.0243309	0.0249438	0.2911741	0.4188259
11	5	0.3517000	0.0255405	0.0249438	0.2878741	0.4155259
12	5	0.5390600	0.0230401	0.0249438	0.4752341	0.6028859
13	5	0.5722400	0.0322717	0.0249438	0.5084141	0.6360659
14	5	0.6101000	0.0232268	0.0249438	0.5462741	0.6739259
15	5	0.7624800	0.0141281	0.0249438	0.6986541	0.8263059
16	5	0.6541800	0.0124397	0.0249438	0.5903541	0.7180059
17	5	0.4700600	0.0278425	0.0249438	0.4062341	0.5338859
18	5	0.8013000	0.0288198	0.0249438	0.7374741	0.8651259
Total	90	0.5302689	0.0058793	0.0058793	0.5152250	0.5453128

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3= químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)  
 5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)  
 8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)  
 10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),  
 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa (Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)



Análisis de rango múltiple para peso seco del follaje por tratamiento

Repeticiones	Tratamientos	Distribución Tukey promedio	Grupos Homogéneos
2	5	0.3211400	X
1	5	0.3317000	XX
1	5	0.3517000	XXX
0	5	0.3550000	XXX
3	5	0.4565600	XXX
4	5	0.4664400	XX
7	5	0.4700600	XX
8	5	0.4900600	XX
6	5	0.5127200	XX
2	5	0.5390600	XXX
5	5	0.5420200	XXX
7	5	0.5522000	XXX
3	5	0.5722400	XXX
4	5	0.6101000	XX
6	5	0.6541800	XX
9	5	0.7558800	XX
15	5	0.7624800	XX
18	5	0.8013000	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2= Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q)

5= composta (c) 6= composta + químico + micorriza introducida (cqMi) 7= composta + químico (cq)

8= Micorriza introducida (Mi), 9= composta + Micorriza introducida (cMi)

10= Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn + mn), 11= Testigo + micorriza nativa (T+ mn),

12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta +

micorriza nativa (c+mn) 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn) 16= composta + químico +

micorriza nativa (cq+mn) 17= micorriza introducida + micorriza nativa

(Mi + mn), 18= composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi + mn)

Estadística 17: Análisis de varianza de una vía:

atos : Volumen de raíz a los 3.5 meses después de la emergencia de las plantas

ifra niveladora : Tratamientos

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 99

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	1010.1889	17	59.422876	50.217	0.0000
Dentro de grupos	85.2000	72	1.183333		
total	1095.3889	89			

Tabla de medias para el volumen de raíz a 3.5 meses después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	99% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	7.200000	0.3741657	0.4864840	5.771820	8.628180
2	5	6.800000	0.3741657	0.4864840	5.371820	8.228180
3	5	11.400000	0.6782330	0.4864840	9.971820	12.828180
4	5	11.400000	0.5099020	0.4864840	9.971820	12.828180
5	5	12.600000	0.2449490	0.4864840	11.171820	14.028180
6	5	12.800000	0.3741657	0.4864840	11.371820	14.228180
7	5	13.600000	0.2449490	0.4864840	12.171820	15.028180
8	5	13.000000	0.4472136	0.4864840	11.571820	14.428180
9	5	16.800000	0.8000000	0.4864840	15.371820	18.228180
10	5	7.400000	0.4000000	0.4864840	5.971820	8.828180
11	5	7.200000	0.4898979	0.4864840	5.771820	8.628180
12	5	13.600000	0.5099020	0.4864840	12.171820	15.028180
13	5	14.000000	0.4472136	0.4864840	12.571820	15.428180
14	5	15.400000	0.5099020	0.4864840	13.971820	16.828180
total	90	12.611111	0.1146654	0.1146654	12.274486	12.947736

1= Micorriza nativa (Mn), 2=Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q), 5=composta (c), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 7=composta + químico (cq), 8=Micorriza introducida (Mi), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 11=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Análisis de rango múltiple para el volumen de raíz a 3.5 meses después de la emergencia

Tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
2	5	6.800000	X
1	5	7.200000	X
1	5	7.200000	X
0	5	7.400000	X
3	5	11.400000	X
4	5	11.400000	X
5	5	12.600000	XX
6	5	12.800000	XX
8	5	13.000000	XX
7	5	13.600000	XXX
2	5	13.600000	XXX
3	5	14.000000	XXXX
7	5	14.000000	XXXX
4	5	15.400000	XXXXX
6	5	16.000000	XXX
9	5	16.800000	XX
15	5	16.800000	XX
18	5	17.000000	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2=Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q), 5=composta (c),  
 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 7=composta + químico (cq), 8=Micorriza introducida (Mi),  
 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn),  
 11=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn),  
 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza  
 introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn),  
 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Estadística 18: Análisis de varianza de una vía

Datos : Volumen de raíz a los 3.5 meses después de la emergencia de las plantas

cifra niveladora : Tratamientos

Prueba: Tukey Nivel de confianza: 95

Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	d. f.	Media de cuadrados	Relación F	Nivel de sig.
Entre grupos	1010.1889	17	59.422876	50.217	0.0000
Dentro de grupos	85.2000	72	1.183333		
total	1095.3889	89			

Tabla de medias para el volumen de raíz a 3.5 meses después de la emergencia

tratamiento	Repetición	Promedio	Error estandar interno	Error estandar combinado	95% de confianza	Distribución Tukey para medias
1	5	7.200000	0.3741657	0.4864840	5.955193	8.444807
2	5	6.800000	0.3741657	0.4864840	5.555193	8.044807
3	5	11.400000	0.6782330	0.4864840	10.155193	12.644807
4	5	11.400000	0.5099020	0.4864840	10.155193	12.644807
5	5	12.600000	0.2449490	0.4864840	11.355193	13.844807
6	5	12.800000	0.3741657	0.4864840	11.555193	14.044807
7	5	13.600000	0.2449490	0.4864840	12.355193	14.844807
8	5	13.000000	0.4472136	0.4864840	11.755193	14.244807
9	5	16.800000	0.8000000	0.4864840	15.555193	18.044807
10	5	7.400000	0.4000000	0.4864840	6.155193	8.644807
11	5	7.200000	0.4898979	0.4864840	5.955193	8.444807
12	5	13.600000	0.5099020	0.4864840	12.355193	14.844807
13	5	14.000000	0.4472136	0.4864840	12.755193	15.244807
14	5	15.400000	0.5099020	0.4864840	14.155193	16.644807
total	90	12.611111	0.1146654	0.1146654	12.317707	12.904515

1= Micorriza nativa (Mn), 2=Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q), 5=composta (c), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 7=composta + químico (cq), 8=Micorriza introducida (Mi), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 11=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).

Análisis de rango múltiple para el volumen de raíz a 3.5 meses después de la emergencia

tratamientos	Repeticiones	Distribución Tukey	
		promedio	Grupos Homogéneos
2	5	6.800000	X
1	5	7.200000	X
11	5	7.200000	X
10	5	7.400000	X
3	5	11.400000	X
4	5	11.400000	X
5	5	12.600000	XX
6	5	12.800000	XX
8	5	13.000000	XXX
7	5	13.600000	XXXX
12	5	13.600000	XXXX
13	5	14.000000	XXX
17	5	14.000000	XXX
14	5	15.400000	XXX
16	5	16.000000	XX
9	5	16.800000	X
15	5	16.800000	X
18	5	17.000000	X

1= Micorriza nativa (Mn), 2=Testigo (T), 3=químico + micorriza introducida (qMi), 4= químico (q), 5=composta (c), 6=composta + químico + micorriza introducida (cqMi), 7=composta + químico (cq), 8=Micorriza introducida (Mi), 9=composta + Micorriza introducida (cMi), 10=Micorriza nativa + micorriza nativa (Mn+mn), 11=Testigo + micorriza nativa (T+mn), 12= químico + micorriza introducida + micorriza nativa (qMi+mn), 13= químico + micorriza nativa (q+mn), 14= composta + micorriza nativa (c+mn), 15= composta + químico + micorriza introducida + micorriza nativa (cqMi+mn), 16= composta + químico + micorriza nativa (cq+mn), 17=micorriza introducida + micorriza nativa (Mi+mn), 18=composta + micorriza introducida + micorriza nativa (cMi+mn).