



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



**“ LA MICORRIZA VESICULO - ARBUSCULAR
Glomus fasciculatum COMO ALTERNATIVA
DE FERTILIZACION EN EL CULTIVO
DE CHILE SERRANO (Capsicum annum)
EN DIFERENTES SUELOS ”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
ENRIQUE GUTIERREZ RUIZ**

ASESOR : M. C. OTILIO ARTURO ACEVEDO SANDOVAL

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE

I.-	RESUMEN.....	1
II.-	INTRODUCCION.....	2
III.-	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
	1.- GENERALIDADES DEL CHILE.....	4
	1.1.- Origen.....	4
	1.2.- Ubicación taxonómica.....	5
	1.3.- Descripción botánica.....	5
	1.4.- Importancia económica.....	6
	2.- RIZOSFERA.....	6
	2.1.- Concepto de la rizósfera.....	6
	2.2.- Componentes de la rizósfera.....	7
	2.3.- Efecto rizosférico.....	9
	3.- MICORRIZOSFERA.....	9
	3.1.- Concepto de micorrizósfera.....	9
	3.2.- Efecto de la micorrizósfera.....	10
	4.- MICORRIZAS.....	10
	4.1.- Definición e historia.....	10
	4.2.- Función.....	11
	4.3.- Clasificación.....	13
	5.- MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR.....	13
	5.1.- Fisiología.....	13
	5.2.- Proceso de infección.....	18
	5.2.1.- Fase extramatricial.....	19
	5.2.2.- Fase intraradical.....	20
	5.3.- Ecología.....	21
	5.4.- Historia y clasificación.....	25
	5.5.- Descripción de géneros.....	26

5.5.1.-	<i>Stomus</i>	27
5.5.2.-	<i>Sclerocystis</i>	27
5.5.3.-	<i>Siganpora</i>	28
5.5.4.-	<i>Acauloopera</i>	32
5.5.5.-	<i>Entrophospora</i>	32
5.5.6.-	<i>Scutellopora</i>	33
5.6.-	Ubicación taxonómica de la especie micorrizica utilizada.....	37
6.-	RELACION HONGO-PLANTA-SUELO.....	38
6.1.-	El suelo y las VAN.....	38
6.2.-	Interacción entre cepas nativas y cepas introducidas.....	39
6.3.-	Efecto de la especie micorrizica (<i>Stomus fasciculatum</i>).....	42
6.4.-	Interacción VAN-chile.....	45
IV.-	MATERIALES Y METODOS.....	49
1.-	Propagación del inóculo micorrizico.....	49
2.-	Siembra en charolas.....	49
3.-	Transplante.....	50
4.-	Evaluaciones.....	51
V.-	RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
A)	EXPERIMENTO 1. SUELO DE TRES MARIAS.....	52
1.-	Altura de planta.....	52
2.-	Peso fresco de planta.....	54
3.-	Peso seco de planta.....	54
4.-	Desplazamiento de raíz.....	55
5.-	Por ciento de infección micorrizica.....	56
6.-	Número de flores.....	58

7.- Número de frutos.....	58
8.- Rendimiento de plantas.....	58
9.- Por ciento de Fósforo total en la planta.....	58
10.-Índice de eficiencia micorrizica.....	59
11.- Correlaciones.....	59
B) EXPERIMENTO 2. SUELO DE TEPOTZOTLAN.....	60
1.- Altura de planta.....	60
2.- Peso fresco de planta.....	61
3.- Peso seco de planta.....	62
4.- Desplazamiento de raíz.....	62
5.- Por ciento de infección micorrizica.....	63
6.- Número de flores.....	64
7.- Número de frutos.....	66
8.- Rendimiento de plantas.....	66
9.- Por ciento de Fósforo total en la planta.....	67
10.- Índice de eficiencia micorrizica.....	67
11.- Correlaciones.....	67
VI.- CONCLUSIONES.....	86
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	87
VIII.- ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Comparación de medias de altura, peso fresco y seco, y desplazamiento de raíz en plantas de chile en suelo de Tres Marias.....	53
Cuadro 2.- Comparación de medias de % de infección micorrizica, % de fósforo e índice de eficiencia micorrizica en plantas de chile en suelo de Tres Marias.....	57
Cuadro 3.- Comparación de medias de altura, peso fresco y seco, y desplazamiento de raíz en plantas de chile en suelo de Tepetzotlán.....	61
Cuadro 4.- Comparación de medias de % de infección micorrizica, % de fósforo e índice de eficiencia micorrizica en plantas de chile en suelo de Tepetzotlán.....	64

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.- La rizósfera.....	8
Fig. 2.- Estructuras típicas de la micorriza vesículo-arbuscular (VA).....	15
Fig. 3.- Estructuras típicas de la micorriza vesículo-arbuscular (VA).....	16
Fig. 4.- Cladospora formada por el género <i>Stemon</i>	29
Fig. 5.- Cladospora formada por el género <i>Diclonoporus</i>	30
Fig. 6.- Azigospora formada por el género <i>Gigaspora</i>	31
Fig. 7.- Azigospora formada por el género <i>Stictispora</i>	34
Fig. 8.- Azigospora formada por el género <i>Stereospora</i>	35
Fig. 9.- Azigospora formada por el género <i>Scutellospora</i>	36
Fig. 10.- Raíz de la planta de chile infectada con la micorriza <i>Stemon fasciculatum</i>	65

INDICE DE GRAFICAS

Graf. 1.- Altura de planta, peso fresco y peso seco en suelo de Tres Marias.....	71
Graf. 2.- Infección micorrizica y altura de planta en suelo de Tres Marias.....	72
Graf. 3.- Infección micorrizica y peso seco en suelo de Tres Marias.....	73
Graf. 4.- % de Fósforo y peso seco en suelo de Tres Marias.....	74
Graf. 5.- Altura de planta, peso fresco y peso seco en suelo de Tepetzotlán.....	75
Graf. 6.- Altura de planta y % de infección micorrizica en suelo de Tepetzotlán.....	76
Graf. 7.- Peso seco y % de infección micorrizica en suelo de Tepetzotlán.....	77
Graf. 8.- % de Fósforo y % de infección micorrizica en suelo de Tepetzotlán.....	78
Graf. 9.- Desplazamiento de raíz en Tres Marias y Tepetzotlán.....	79
Graf. 10.- % de Fósforo en Tres Marias y Tepetzotlán.....	80
Graf. 11.- Índice de eficiencia micorrizica en Tres Marias y Tepetzotlán.....	81
Graf. 12.- Número de flores, frutos y producción estimada en Tres Marias.....	82
Graf. 13.- Número de flores, frutos y producción estimada en Tepetzotlán.....	83
Graf. 14.- % de incremento con respecto al testigo en Tres Marias.....	84
Graf. 15.- % de incremento con respecto al testigo en Tepetzotlán.....	85

I. RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inoculación de la micorriza vesículo arbuscular *Glomus fasciculatum* en plantas de chile serrano var. Tampiqueño 74 en dos suelos del Estado de México, bajo condiciones de invernadero. Las plántulas fueron inoculadas con el hongo micorrízico al momento de la siembra, el trasplante se realizó a los 50 días. El diseño experimental utilizado fue un trifactorial con un arreglo en bloques al azar, dando como resultado 8 tratamientos con 3 repeticiones y 2 suelos obteniéndose 48 unidades experimentales.

Los parámetros evaluados fueron altura de planta, peso fresco y seco de plantas, desplazamiento de volumen de raíz, porcentaje de infección micorrízica, índice de eficiencia micorrízica, porcentaje de Fósforo total en la planta, número de flores, frutos y rendimiento.

Los resultados indican que existe una variada gama de respuestas en los suelos, puesto que cualquiera de los factores implicados influyen de alguna manera distinta en el desarrollo del cultivo, sobre todo la inoculación del suelo con la micorriza VA, o las micorrizas nativas, las cuales jugaron un papel importante en el desarrollo de las plantas en ambos suelos.

II. INTRODUCCION

Una de las causas por la cual se incrementan los costos de producción de los cultivos es la gran cantidad de fertilizantes químicos que se les adiciona. Es por eso que se buscan alternativas para abatir estos costos. Una de estas alternativas es la utilización de las micorrizas vesículo-arbuscular (VAM).

La mayoría de los cultivos requieren de las micorrizas VAM para alcanzar el máximo crecimiento en suelos deficientes de nutrientes. La inoculación de plantas con VAM puede incrementar la eficiencia de la absorción de nutrientes y agua, mejora la uniformidad de plantas y aumenta la resistencia a enfermedades (Waterer y Coltman, 1988).

Las micorrizas VA son raíces infectadas con ciertos hongos zigomiceticos con los cuales forman asociaciones simbióticas. Con frecuencia es asumido que la VAM puede ser usada para incrementar la eficiencia de los fertilizantes de fosfato en la agricultura.

Las micorrizas VA son ubicuas en los suelos de todo el mundo y forman relaciones simbióticas con las raíces de la mayoría de las plantas terrestres. Tales relaciones generalmente se forman en presencia de una gran cantidad de microorganismos, y algunos de estos interactúan en caminos más específicos para influenciar la relación micorrizal y sus efectos en el crecimiento de la planta.

Muy extendida en su ocurrencia y distribución, la VAM es una parte significativa de todos los ecosistemas naturales y cultivados, jugando un papel principal en la diversidad y sobrevivencia de las plantas.

La efectividad de la VAM en el acrecentamiento del desarrollo de la planta es dependiente de las interacciones entre hongo, suelo y factores de la planta. Las especies de las plantas, así como cultivares dentro de las especies, difieren en su respuesta a la inoculación con la VAM.

Las respuestas al crecimiento en cualquier situación dada son ampliamente determinadas por tres factores: el grado de micotrofia de la planta, la eficiencia simbiótica del hongo micorrizal VA y el estatus de nutrientes del medio de crecimiento/suelo. Ellos también están influenciados por factores ambientales tales como luz y temperatura.

En este trabajo la especie utilizada fue *Capsicum annuum* L. la cual es altamente dependiente de la micorriza para la absorción de fósforo. Y se tuvo como objetivo evaluar la participación de la endomicorriza vesículo arbuscular *Glomus fasciculatum* como un sustituto o un agente sinérgico de la fertilización, a partir de la producción de chile serrano (*Capsicum annuum*), bajo condiciones de transplante en invernadero.

III REVISION BIBLIOGRAFICA.

1. GENERALIDADES DEL CHILE.

En México el chile (*Capsicum* spp.) se cultiva y usa como alimento y condimento en la dieta diaria de la población desde la época precolombina. El maíz, el frijol, las calabazas y el chile fueron la base de la alimentación de las diferentes culturas que poblaron Mesoamérica. Esta región es considerada como uno de los centros de domesticación del género *Capsicum*, en particular de la especie *annuum*, que es la más importante (Laborde, 1983; Guantos, 1984).

El chile es rico en vitamina C y caroteno y en menor grado en vitaminas del complejo B; entre más maduro sea el fruto, mayor contenido vitamínico tiene siempre y cuando no esté demasiado maduro; el color del chile esta determinado por varias sustancias, entre las que destacan la capsantina, que tiene una coloración roja oscura, la cual se pronuncia más al diluirla en grasas. El sabor picante está dado por el alcaloide llamado capsaicina, el que está concentrado en la placenta, luego en la pulpa y semillas y por último en la cáscara (Murillo, 1985).

1.1 ORIGEN

El género *Capsicum* es originario de América del Sur, de los Andes y la cuenca alta del Amazonas, que actualmente son parte de Perú y Bolivia principalmente y pequeñas porciones de Argentina y Brasil.

Sin embargo muchas especies de *Capsicum* no son comestibles y de las cinco especies que se consumen la que sobresale por su diseminación y aceptación mundial es *Capsicum annum*, que fué domesticada precisamente en México.

1.2 UBICACION TAXONOMICA.

DIVISION: Fanerogamae
SUBDIVISION: Angiospermae
CLASE: Dicotyledoneae
FAMILIA: Solanaceae
GENERO: *Capsicum*
ESPECIE: *annuum*

Fuente: Murillo, 1985

1.3 DESCRIPCION BOTANICA.

Es una planta herbácea, semiarbusciva, algunas veces leñosa en la base erecta ramificada, de tallos erguidos, alcanza de 60 a 150 cm, se cultiva como anual (Ferran, 1975).

La raíz principal es fuerte, se desarrollan profusamente varias raíces laterales, hojas simples pecioladas, lanceolada, entera, delgada subglabra, de 1.5 a 12 cm de largo y 5 a 7.5 cm de ancho, el ápice es acuminado.

Las flores son axilares, solitarias de color blanco verdoso o púrpura, los pedicelos miden más de 1.5 cm de longitud; el cáliz es campanulado, ligeramente pentadentado con 5-6 estambres insertados cerca de la base de la corola, las anteras son azules, dehiscentes longitudinalmente; el ovario es bicelular, pero a

menudo multicelular bajo domesticación, el estigma es capitado. (Maistro, 1969).

El fruto es en forma de haya hueca, indehiscente, con gran cantidad de semillas aplanadas de color amarillo pálido, las cuales están sujetas a una carnosidad interior del pedúnculo. Presenta un tamaño variable de 4 a 9 cm, de sabor picante, carnoso, de color verde esmeralda cuando es inmaduro; pueden presentarse erguidos o colgantes (Tamaro, 1974).

1.4 IMPORTANCIA ECONOMICA.

A nivel nacional es una de las hortalizas más importantes; se consumen alrededor de 100 clases distintas de frutos, es la hortaliza que frecuentemente es más consumida diariamente y ocupa el primer lugar en cuanto a la superficie sembrada, superando a la papa y al tomate; ocupa el tercer lugar en volumen de producción entre las hortalizas, después del tomate y la papa; con respecto al valor de la producción ocupa el noveno lugar a nivel general (Murillo, 1985).

2. RIZOSFERA

2.1 CONCEPTO DE LA RIZOSFERA.

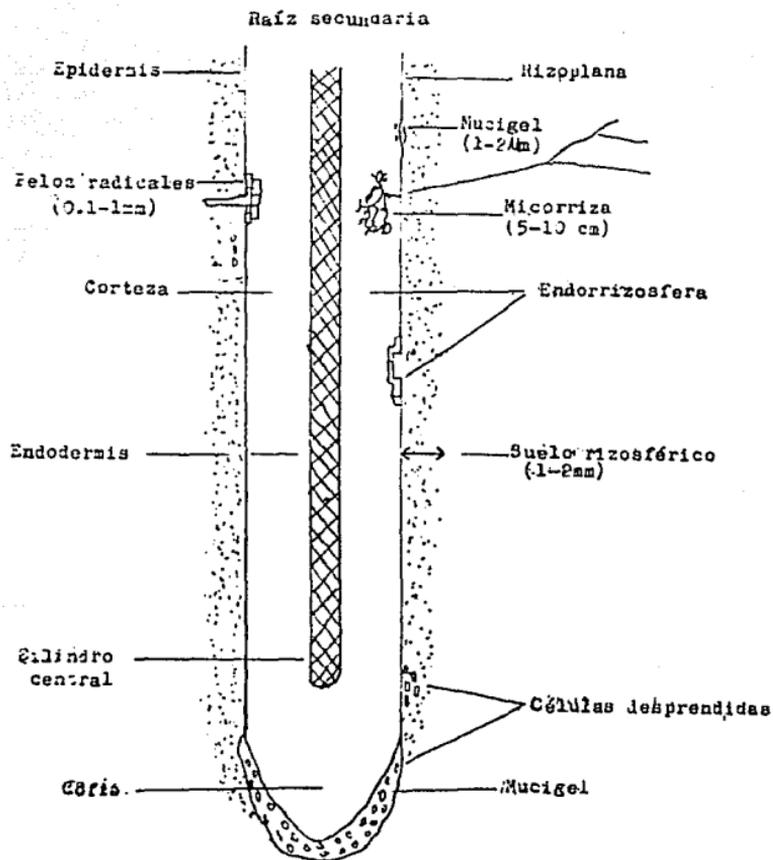
El microbiólogo agrícola de origen alemán Lorenz Hiltner, introdujo en 1904 el término rizósfera, para describir aquella porción del suelo inmediata a las raíces directamente influida por sustancias que provienen de estas en la solución del suelo, favoreciendo la proliferación de microorganismos (Barea y Azcón-Aguilar, 1982; Curl y Truelove, 1986; García, 1987).

Ferrara (1989) define a la rizósfera como la región del suelo que se encuentra bajo la influencia física y fisiológica de la raíz de la planta.

De acuerdo con varios autores (Darbyshire y Greaves, 1973; Mosse, 1978; Balandreau y Knowles, 1978; Domergues, 1978), la rizósfera se puede subdividir en las siguientes zonas: a) Rizósfera externa o suelo rizosférico: comprende la región del suelo que rodea la raíz en íntimo contacto con ella y que contiene poblaciones estimuladas de microorganismos. b) Rizoplana: Está constituida por la superficie de la raíz y los microorganismos que viven en ella. c) Endorizósfera: Está formada por el tejido cortical de la raíz invadido y colonizado por microorganismos saprófitos y simbióticos. Se sabe que no existe una diferencia neta entre cada una de estas zonas (Barea y Azcón-Aguilar, 1982a). (fig.1).

2.2 COMPONENTES DE LA RIZOSFERA.

Los principales microorganismos que se encuentran en la rizósfera son: hongos, bacterias, actinomicetos, algas, protozoos, nemátodos e insectos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: azúcares, aminoácidos, péptidos, enzimas, vitaminas, ácidos nucleicos, celulosa, lignina, mucilagos, hormonas, lisatos, gases, flavonas, sustancias del tipo de las saponinas, ácido cianhídrico, glucósidos y una multitud de otros componentes (Espinoza, 1978; Giddens y Todd, 1984; Foster, 1986; Anderson, 1988).



(Barea y Azcón-Aguilar, 1982a)

FIG. 1. LA RIZOSFERA

2.3 EFECTO RIZOSFERICO.

El efecto rizosférico es un proceso dinámico iniciado por la exudación de la raíz y liberación de otros nutrientes orgánicos y es influenciado por los factores del hospedero tales como especie, edad y estado de desarrollo; factores del suelo tales como fertilidad, nivel de humedad y propiedades físicas; condiciones ambientales tales como luz y temperatura; prácticas culturales incluyendo aplicaciones de químicos al follaje e interacciones microbiales en el suelo (Linderman, 1978).

El efecto rizosférico comienza a manifestarse justo después de la germinación de las semillas, alcanzando el máximo durante la floración y la fructificación. En la senectud de la planta el efecto cesa de forma rápida. (Barea y Azcón-Aguilar, 1982a; Bruehl, 1987).

Generalmente se acepta que la causa primaria del efecto rizosférico es la presencia de compuestos solubles e insolubles que se liberan tanto de las células vivas como muertas de la raíz (Barea y Azcón-Aguilar, 1982a). Una de las propiedades importantes que produce el efecto rizosférico es la gran variedad de tipos de sustancias orgánicas que se encuentran disponibles en ese lugar, que directa o indirectamente tienen influencia positiva o negativa sobre los microorganismos que ahí habitan (Ferrera, 1989).

3. MICORRIZOSFERA

3.1 CONCEPTO DE MICORRIZOSFERA.

Se define a la micorrizófera como a la zona de influencia que tiene efecto sobre los los procesos físico-químicos y

microbiológicos que tienen la raíz su asociación con hongos micorrízicos, bajo condiciones naturales la mayoría de las plantas están micorrizadas y ahora se reconocen diferencias muy importantes entre las plantas micorrizadas y no micorrizadas. A nivel de grupos fisiológicos se han encontrado valores bien contrastados a favor de la micorrizósfera (Ferrera, 1989).

Ames (1987) plantea que debido a que la micorriza tiene una gran distribución entre el reino de las plantas es necesario revisar el término de rizósfera, en otras palabras, se tendría que adoptar posiblemente con más realidad el término de micorrizósfera.

3.2 EFECTO DE LA MICORRIZOSFERA.

Cuando se forma la micorriza, la relación simbiótica significativamente la fisiología y/o morfología de las raíces y de la planta en general. Los cambios en los exudados de la raíz están estableciendo un nuevo equilibrio microbial. Esos cambios presumiblemente implican los mismos tipos de organismos que según estuvieron implicados en la rizósfera antes de la formación de la micorriza, pero suceden cambios cuantitativos dentro de esos tipos como un resultado de la interacción metabólica directa con la hifa micorrizal o esporas, o los efectos indirectos mediados por el hospedero (Linderman, 1988).

4. MICORRIZAS

4.1 DEFINICION E HISTORIA.

Las micorrizas son órganos especializados en forma de raíces que son producto de la asociación simbiótica de ciertos hongos con

las raíces de las plantas superiores (Acevedo, 1990).

Durante mucho tiempo, la importancia de la micorriza no fue comprendida. Pocos investigadores se interesaron en ella. La mayoría de los biólogos, agrónomos y fisiólogos las ignoraban totalmente. Sin embargo, se conoce su existencia desde hace exactamente un siglo. Fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en las raíces de algunos árboles forestales.

Posteriormente en 1900, fue puesta de manifiesto la importancia de las micorrizas en las orquídeas por el francés Noel Bernard. Pero estas asociaciones parecían excepcionales. La generalidad del fenómeno solo se reconoció hasta mediados de este siglo. Las micorrizas de los árboles forestales fueron las primeras en suscitar interés gracias a los trabajos del sueco Melin. Aunque las micorrizas de las plantas empezaron a ser estudiadas en 1910 por el francés Magrou, solo es a partir de 1955, después de los trabajos de Barbara Mosse en Gran Bretaña, cuando este tipo de asociación de micorrizas empieza a suscitar interés entre los investigadores. Hoy son las más estudiadas (Le Tacon, 1985).

4.2 FUNCION.

Una de las funciones más importantes de las micorrizas es absorber los elementos minerales del suelo y transferirlos a la planta huésped. La planta por sí sola no puede absorber a través de sus raíces más que los elementos minerales solubles, que se encuentran en cantidades muy pequeñas en el suelo en condiciones naturales. Las micorrizas facilitan la absorción de todos los elementos minerales, pero sobre todo la de los elementos menos

solubles y menos móviles en el suelo, es decir, el fosfato, el cobre y el zinc (Le Tación, 1985; Linderman, 1988).

Por consiguiente la micorriza al ayudar a la absorción de estos elementos minerales que por lo regular se encuentran en el suelo inmóviles beneficia de la siguiente manera:

FOSFORO.

Estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento.

Le da rápido y vigoroso inicio a las plantas.

Acelera la maduración.

Ayuda a la formación de la semilla.

COBRE.

Interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales.

ZINC.

Necesario para la producción normal de clorofila y para el crecimiento.

Interviene en importantes procesos metabólicos como en la formación de sustancias de crecimiento (como el Acido-indol-acético) y es un activador de numerosos organismos (Rodríguez, 1982).

Beneficios secundarios de la relación micorrizica incluyen incremento en la resistencia a enfermedades, sequía, salinidad e incrementan la fijación de nitrógeno en leguminosas (Ojala *et al.*, 1983; Caron *et al.*, 1985; Davies *et al.*, 1987; Ferrera, 1987).

4.3 CLASIFICACION.

La morfología de las micorrizas varía entre las especies vegetales, y cada especie tiende a tener grupos característicos de hongos capaces de formar micorrizas. El primero en hacer una clasificación fue Frank en 1885, el las clasificó en dos tipos: micorriza ectotrófica y micorriza endótrofa (Ferrera, 1989).

Posteriormente se propuso una terminología basada en características morfológicas y anatómicas de la asociación introduciéndose los términos ecto, endo y ectoendomicorriza (Peyronel *et al.*, 1969). Lewis (1973) propone el cambio del término ectomicorriza por micorriza en vaina (Sheating mycorrhiza) y divide a la endomicorriza en tres grupos: micorriza vesículo-arbuscular, micorriza ericacea y micorriza orquidacea. Una reciente clasificación por Harley y Smith (1983) considera la penetración del hongo a las células del hospedero, la formación de varias estructuras fungales y a los simbiontes involucrados, ellos describen 7 tipos: micorriza vesículo-arbuscular, ectomicorriza, ectoendomicorriza, arbutoide, ericoide, monotropeide y orquidacea. Cada tipo de micorriza forma diferentes tipos y combinación de estructuras.

5. MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR

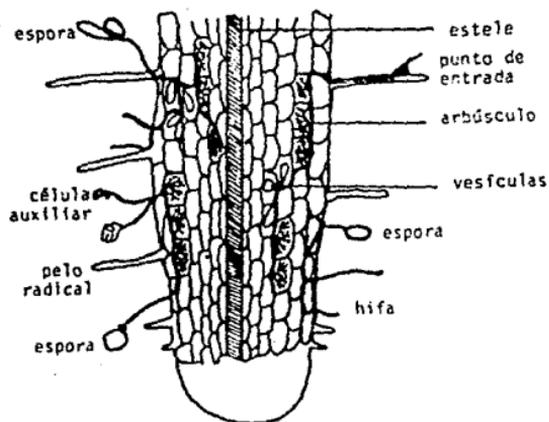
5.1 FISILOGIA.

La micorriza vesículo-arbuscular se caracteriza por la formación de vesículas y arbusculos, de ahí su nombre. Este tipo de infección presenta hifas septadas intercelulares y extramatriciales, formando estas últimas una red floja, la cual es capaz de explorar el suelo

a una distancia superior a la de las raíces (Rhodes y Gerdeman, 1975; Owusu-Bennoah y Mosse, 1979) (figs. 2 y 3).

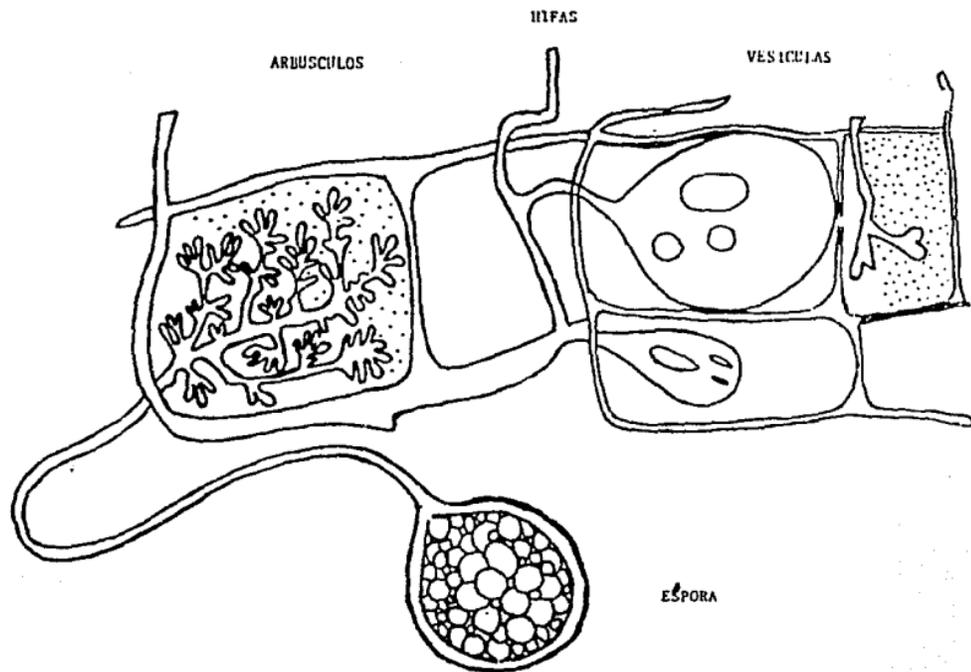
Las hifas de la micorriza vesículo-arbuscular penetran las células corticales, donde continúan creciendo a lo largo de la raíz, no invaden la zona de crecimiento (meristemos), ni interfieren con el desarrollo normal de la raíz. Los arbuscúlos son estructuras haustoriales que una vez dentro de la célula del hospedero se ramifican en forma dicotómica, incrementando el área superficial en la primer etapa de infección y posteriormente se puede degradar, encontrándose en la raíz en diferentes estados de degradación. Se le ha considerado que presentan un doble papel, ya que al penetrar a las células del hospedero le ponen a su disposición las sustancias nutritivas que vienen del exterior de la raíz a través de las hifas, además de translocar los carbohidratos provenientes de la planta necesarios para el desarrollo del hongo (Kinden y Morton, 1975; Moser y Haselwandfer, 1983).

Las vesículas son estructuras terminales ovaladas o esféricas que contienen abundantes gotas de lípidos, y por el momento se les considera como órganos de reserva (Nicolson, 1967; Bonfante-Fasolo, 1984). La micorriza ayuda a incrementar la exploración en el suelo y la captación de nutrientes esenciales, principalmente en suelos con un bajo nivel de fertilidad; mientras que el hongo recibe a cambio carbohidratos producto de la síntesis de la planta (Shultz *et al.*, 1979; Jehne, 1980).



(Ferrera et al., 1983)

Fig. 2. Estructuras típicas de la micorriza vesículo-arbuscular (VA).



(JAEN Y FERREIRA, 1989)

FIG. 3. ESTRUCTURAS TÍPICAS DE LA MICORRIZA VESÍCULO-ARBUSCULAR (V-A).

En cuanto a la fisiología de los carbohidratos Pang y Paul (1980) midieron la fotosíntesis usando CO_2 en plantas de *Vicia faba* inoculadas con micorriza y encontraron que las micorrizadas absorbieron 30% del Bixido de carbono incorporado, mientras que las no micorrizadas solo absorbieron el 18%.

La micorriza invade las células del hospedero y la raíz del hospedero tolera y mantienen la presencia del que puede ser un largo volúmen de tejido fungal. A pesar de las repercusiones que esto puede tener en el metabolismo de la raíz junto con el consumo de carbohidratos en la planta, la formación de la VAM puede influenciar positivamente varios aspectos de la fisiología de la planta: nutrición de fosfato, indicio de absorción de elementos y agua, la producción de hormonas, fijación de nitrógeno y resistencia de enfermedades de la raíz (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1983; Dixon *et al.*, 1988).

Cox *et al.* (1980) indica que hay una rápida translocación de fotosintatos en las raíces de las plantas micorrizadas, que en las no micorrizadas.

La asociación micorrizica disminuye la susceptibilidad de la planta hospedera al ataque de otros microorganismos patógenos del suelo como son nemátodos y hongos (*Phytophthora* spp., *Thielaviopsis basicola* y *Fusarium oxysporum*). Esto es debido a una reducción del daño del hospedero y a veces a un decremento de la infección del patógeno. En el caso de los nemátodos la penetración no parece ser inhibida, pero su desarrollo dentro de la raíz es restringido (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1983).

La eficiencia de la fijación del N₂ depende de la nutrición del P, ya que es el principal constituyente del adenosin trifosfato (ATP), que es un elemento esencial de fuente de energía requerido para la fijación biológica del N₂ (Miller et al., 1986).

La formación de los hongos V A pueden aumentar los niveles de citoquinina en la planta hospedera y cambiar el nivel de ácido abscísico y sustancias semejantes a la giberelina. Se ha comprobado que el hongo V A sintetiza fitohormonas, pero aún no se determina si estas pueden pasar dentro de la planta y si afectan su desarrollo y fisiología o si están involucradas en el proceso de infección (Barea y Azcón-Aguilar, 1982c).

5.2 PROCESO DE INFECCION.

El inicio de la infección de la micorriza V A se da por el contacto de la hifa del hongo con la célula cortical de la planta y la formación de un apresorio (Harley y Smith, 1983). Una vez formado el apresorio sucede la penetración de la hifa sobre la epidermis de la raíz a través de los espacios vacíos entre las células, de aquí la hifa penetra dentro del citoplasma de una célula cortical y empieza a dicotomarse (Mosse, 1973).

Generalmente la infección se realiza en raíces jóvenes y la penetración ocurre normalmente en el área de diferenciación y elongación o en las raíces secundarias o terciarias, pero no en raíces pigmentadas o con crecimiento secundario. El hongo es confinado a la epidermis y corteza de la raíz y no invade la endodermis, estele o meristemo primario, porque la pared de la endodermis contiene una lámina de suberina que evita la penetración

del hongo dentro del estele (Abbott y Robson, 1982; Bonfante-Fasolo, 1984).

La infección se desarrolla en los siguientes estados: 1) una fase extramatricial, con hifas extramatriciales y vesículas y esporas externas esparcidas en el suelo circundante; y 2) una fase intraradical, con hifas intracelulares no ramificadas, hifas intercelulares, hifas intracelulares ramificadas (arbúsculos) y vesículas (Bonfante-Fasolo, 1984).

5.2.1 FASE EXTRAMATRICAL.

El micelio extramatricial es continuo con el intraradical, formando así una unidad de infección. Su morfología varía considerablemente y la pared puede ser considerada como una pared gruesa o delgada (Kinden y Brown, 1975). El micelio externo tiene dos grandes funciones: 1) Proveer una mayor área superficial por medio de la cual extrae del suelo recursos para transportarlos al hospedero, tales como HPO_4 , NH_4 , Ca, S, K, Zn y H_2O desde más de 7 cm de distancia a través de una forma de crecimiento hifal en las raíces llamada red absorbiva, que consiste en una serie de ramificaciones dicotómicas que se desarrollan en una red en forma de abanico y 2) Proveer estructuras capaces de colonizar nuevos tejidos radiculares. Estas estructuras incluyen a las clamidosporas (azigosporas) formadas en la extremidad de las hifas indiferenciadas, hifas corredoras, hifas de pared gruesa que se expanden rápidamente a través del suelo a lo largo de las raíces, y fragmentos radiculares muertos, conteniendo vesículas. Las hifas corredoras se mueven a lo largo de la raíz de origen para producir

múltiples infecciones secundarias o crecen varios centímetros fuera de la raíz dentro de la matriz del suelo para infectar otras raíces (Frieso y Allen, 1991).

La organización ultraestructural de la fase extramatrical indica que poseen un citoplasma con núcleo, mitocondria y un retículo endoplásmico rico en ribosomas (Bonfante-Fasolo, 1984).

5.2.2 FASE INTRARADICAL.

Las capas corticales radiculares exteriores son colonizadas por hifas intracelulares, que se caracterizan por un arreglo lineal o enlazado sin ningún signo de ramificación (Carling y Brown, 1982). La hifa infectante de los hongos MVA pueden formar cadenas intracelulares en la primer célula que es infectada, con cadenas similares formadas subsecuentemente en células colindantes (Cox y Sanders, 1974). A través de la colonización intracelular, el plasmalema hospedero y las paredes fúngales están siempre separadas por una capa fibrilar osmiofílica de material matricial la cual es continua con la pared del hospedero y es similar morfológicamente (Bonfante-Fasolo, 1984).

Las hifas intercelulares producidas por cadenas o por la penetración directa de ramificaciones hifales se encuentran en las capas intermedias del parenquima cortical y su diámetro varía de 2-6 μm . Estas hifas dilatan los espacios intercelulares y recorren el parenquima a considerables distancias (arriba de varios mm) (Bonfante-Fasolo, 1984).

En las capas interiores del parénquima cortical, las hifas intercolulares penetran las células corticales dando lugar a un complejo sistema hifal ramificado, semejante a pequeños arbustos llamados arbusculos. Estos considerados como las estructuras principales involucradas en la transferencia bidireccional de nutrientes entre el simbiote fúngal y la planta hospedera. El desarrollo arbuscular es iniciado por la penetración de la pared de la célula hospedera por una ramificación lateral producida en una hifa adyacente inter o intracelular (Bevege y Bowen, 1976; Cox y Tinker, 1976).

La fase de senescencia de la infección esta representada por cuerpos redondos llamados esporangios donde las pequeñas ramificaciones arbusculares muestran contenido citoplasmático desorganizado, pérdida de integridad membranal, organelos no discernibles y finalmente aparecen como una masa amorfa (Bevege y Bowen, 1976; Cox y Tinker, 1976; Brown y King, 1982; Carling y Brown, 1982; Bonfante-Fasolo, 1984).

5.3 ECOLOGIA.

Los hongos endomicorrizicos vesículo-arbuscular son constituyentes de la microflora natural del suelo en ecosistemas naturales y probablemente colonizen más tejidos vegetales que cualquier otro tipo fúngal. Su abundancia y su influencia en la nutrición y crecimiento de las plantas hospederas es de gran trascendencia fisiológica y ecológica para el buen funcionamiento y estabilidad de las comunidades vegetales (Jaen, 1989).

Los factores que afectan la distribución, actividad y supervivencia de los hongos endomicorrízicos son los siguientes; fertilidad en el suelo, humedad y materia orgánica, nivel de oxígeno en el suelo, nutrientes (disponibilidad), tipo de suelo, pH, profundidad, altitud, movimientos físicos del agua, precipitación, temperatura, intensidad de la luz, susceptibilidad del huésped, vegetación, efectividad e infectividad del endófito, patógenos foliares y radicales (Schenck et al., 1975; Abbott y Robson, 1981; Maronek et al., 1985; Poss et al., 1985; Azcón-Aguilar et al., 1986). Además, la mesofauna del suelo tiene gran trascendencia sobre la actividad micorrízica, sobresaliendo en forma especial los colembolos, nemátodos, ácaros, arácnidos y oligoquetos (Hayman, 1980; Trappe, 1984).

Cambios en la fertilidad del suelo debido a correcciones con fertilizantes minerales o materia orgánica pueden afectar marcadamente la población micorrízica del suelo en términos de la cantidad de raíz colonizada y el número de esporas producidas (Hayman, 1981).

Hay evidencias que indican que la adición de materia orgánica a los suelos conduce a un mejor desarrollo de la micorriza. Inversamente, existe considerable información sobre los efectos negativos de los fertilizantes nitrogenados sobre la formación micorrízica (Jaen, 1989).

Hay otros factores del suelo que sin duda desempeñan también un papel esencial en la fisiología del hongo, pero que no es fácil determinar, por ejemplo el pH del suelo es difícil evaluar. Existen hongos micorrízicos adaptados a los suelos ácidos; otros lo están a

los suelos alcalinos; otros son indiferentes al pH (La Tación, 1985).

Los efectos del pH del suelo en la respuesta de la planta a las micorrizas son muy complejos y altamente influenciados por muchas características físico-químicas del suelo (Safir y Duniway, 1982). Las VAM difieren en su preferencia por ciertos rangos de pH y el mecanismo es desconocido, pero se sabe que la solubilidad de diversos compuestos de fósforo y su adsorción por los componentes del suelo, son alterados por cambios en el pH dependiendo del tipo de suelo (Graw, 1979). El pH también afecta la solubilidad de otros elementos como el Fe, Mn, Cu, Zn y Al (Abbott y Robson, 1985).

El efecto de la humedad del suelo sobre el establecimiento y función de las endomicorrizas ha sido poco estudiado. Sin embargo se han sugerido efectos de la humedad del suelo en la colonización micorrízica en observaciones de campo e invernadero (Khan, 1974; Trinick, 1977).

El estado del agua en la planta también puede afectar la colonización del hongo por alteraciones en la corteza de la raíz, la cual inhibe la penetración de la hifa (por ejemplo, suberización) o por los cambios en la producción de estímulos de la raíz (Reid, 1974).

Las altas intensidades de luz estimulan una mayor síntesis de arbúsculo en comparación de las bajas intensidades, lo cual está íntimamente correlacionada con altos suministros de carbohidratos en las raíces (Hayman, 1974).

Ocampo y Hayman (1980) indican que la población de hongos endomicorrízicos en campos arables son afectados drásticamente por nemátocidas, insecticidas, biocidas y fungicidas; algunas veces sus efectos son mínimos o poco positivos, pero usualmente alteran el número de esporas y la colonización endomicorrízica.

Con respecto a los herbicidas, se ha encontrado que afecta negativamente la fisiología de las plantas y son determinantes para los hongos endomicorrízicos (Iloba, 1977).

Otros factores ambientales importantes en su efecto en la infección micorrízica son el tipo de vegetación, la temperatura, la precipitación (St John y Coleman, 1983), la estacionalidad, la altitud y la perturbación (Jha et al., 1992).

Con respecto a la planta, Hayman (1982) indica que entre las especies vegetales que tengan una raíz gruesa y pocas pelos radiculares, con frecuencia responden muy bien a la inoculación con VAM, como en cítricos, pero en plantas con raíces finas es común que no se tengan estas respuestas, como por ejemplo en Rye grass (*Lolium sp.*).

Son cuatro los factores que determinan una exitosa y eficiente relación simbiótica entre los hongos vesículo-arbuscular y las plantas: 1) el genotipo de la planta hospedera para el reconocimiento y aceptación de la relación gene-gene, 2) la efectividad e inactividad de las cepas endomicorrízicas para promover o inducir efectos morfológicos y fisiológicos en las plantas hospederas, 3) la cantidad de fósforo presente en el suelo, y 4) los requisitos de fósforo de las plantas (Jaen, 1989).

5.4 HISTORIA Y CLASIFICACION.

La simbiosis micorrizica vesículo-arbuscular es formada por la gran mayoría de las plantas superiores y un grupo especial de hongos Zigomicetos. Se encuentra distribuida en diversos hábitats, desde el ártico hasta el trópico, diversos medio ambientes, áridos, húmedos, comunidades estables y en ecosistemas altamente perturbados (Mosse, 1981).

Meyer (1973) estimó que cerca del 3% de las plantas superiores estan ectomicorrizadas y el 97% poseen a la micorriza vesículo arbuscular.

En 1809, Link describe el género *Endogone* y observa estructuras internas radicales, pero no sabe el papel que estan desarrollando, no sabe como se forman. En las esporas que el observó, estaban presentes pequeñas gotitas de aceite de tamaño uniforme (esporidios) (Gerdemann y Trappe, 1975).

En 1922 Taxter fue el primero que realizó una monografía de la familia Endogonaceae contemplando *Endogone*, *Glaziella*, *Sclerocystis* y *Sphorocreas*.

Peyrrol en 1924 encontró esporocarpos de varias especies clamidospóricas, estrechamente asociadas con las plantas que tonian micorriza vesículo-arbuscular. Zicha en 1935 cambio el nombre de *Sphorocreas* por *Endogone* por su similar habito esporocarpico (Gonzalez, 1989).

Gerdemann y Trappe (1974) realizan la primer gran revisión de la familia Endogonaceae formadora de micorriza, basándose en características morfológicas y de germinación. Presentaron los géneros *Glomus*, *Endogone*, *Hodicella*, *Sclerocystis* y describen los

géneros *Acaulospora* y *Gigaspora*, dando un total de 43 especies, ubicándolas en el orden Mucorales y clase Zygomycetos.

Ames (1979) encontró un nuevo género en la familia al que se denominó *Entrophospora* y en 1985 Walker y Sanders hacen la separación del género *Gigaspora* a *Scutellospora* por la diferencia en la germinación de las esporas y la presencia de un escudo en la pared de estas últimas.

En 1988 Schenck y Perez realizan una compilación y presentan un total de 122 especies, posteriormente en ese año, Borch resume la descripción de 125 especies y Morton 126.

La clasificación involucra el arreglo de organismos similares dentro de taxas (grupos taxonómicos) de acuerdo a características seleccionadas o relaciones como son desarrollo y evolución (Gonzalez, 1989).

Pirozynski y Dalpé (citados por Almeida y Schenck, 1991) describieron en 1989 una nueva familia la Glomaceae, conteniendo dos géneros: *Glomus* y *Sclerocystis*. Morton y Benny (citados por Ortuño *et al.*, 1992) enmendaron la familia Glomaceae y erigieron un nuevo orden Glomales y dos nuevas familias Acaulosporaceae y Gigasporaceae.

5.5 DESCRIPCION DE GENEROS.

En base a la formación de esporas existen dos grupos: los géneros que producen clamidiosporas: *Glomus* y *Sclerocystis* que forman esporocarpos o presentan esporas simples y los géneros que producen azygosporas: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Entrophospora* y *Scutellospora*

que no son capaces de formar esporocarpos (Ferrera Cerrato et al., 1988).

5.5.1 GLOMUS.

El género *Glomus* (del griego, GLOMUS- una bola de estambre), forma esporas libres en el suelo y en esporocarpos. La germinación de los tubos germinativos es por crecimiento renovado de la hifa sustentora. Se ha aceptado que las clamidosporas representan estados asexuales de especies zigospóricas. Todas las especies que forman este género se encuentran en todos los hábitats de la naturaleza, siendo común su fructificación bajo el suelo, aunque también se han visto esporocarpos sobre la superficie del suelo y dentro de las raíces de las plantas hospederas. Los esporocarpos son de tamaño variable (105-1800 x 330-1400 micras de diámetro) y presentan un color transparente amarillo claro con un tinte verde brillante virando a café oscuro con la edad. Las clamidosporas son globosas, subglobosas, ovaļadas, cilíndricas e irregulares. Su pared está constituida hasta por 9 capas de 1-2 a 3-17 micras de espesor. El contenido de la espora se comunica con el de la hifa sustentora en el periodo juvenil, pero cuando las esporas maduran se cierra el poro de comunicación por un engrosamiento de la pared externa de la hifa sustentora, la cual puede ser recta en forma de embudo o encorbada (Gerdemann y Trappe, 1974). (fig.4).

5.5.2 SCLEROCYSTIS.

El género *Sclerocystis* (del griego, SCLERO- fuerte, CYSTIS- vesícula). Este género difiere de *Glomus* por el arreglo típico de

sus esporas en una capa simple, elongada y radial fuera del plexo hifal del esporocarpio. Esta diferencia ha sido de gran valor taxonómico, sin embargo, podría ser un estado evolutivo más avanzado en morfología estructural de los esporocarpos de *Glomus*. La distribución de este género es muy reducida, pues únicamente se le ha encontrado en suelos tropicales y subtropicales.

Las especies que forman a este género, producen esporocarpos globosos o subglobosos de 460-750 x 590-780 micras de diámetro, y con color café a negro. Se han contabilizado hasta 27 clamidosporas estrechamente empaquetadas alrededor del plexo central del esporocarpio. Las clamidosporas son de color café oscuro de 140-185 x 20- 50 micras, en forma de clava o subcilíndrica, afilandose a una unión hifal de 7-10 micras de diámetro. Las paredes de las esporas son de 1.5-5 micras de espesor en las orillas y en sus ápices engrosados es de 17-25 micras, el engrosamiento de la base es de 5-8 micras y presenta oclusión de la unión en la madurez (Gardemann y Trappe, 1974; Janos, 1984) (fig.5).

5.5.3 GIGASPORA.

El género *Gigaspora* (del griego, GIGA- gigante, SPORA- espora). Se caracteriza por la formación de grandes esporas llamadas azigosporas, pues se asemejan a estas en muchos aspectos, sin embargo ellas no son el resultado de la fusión o unión de los gametangios. Las paredes de estas esporas son continuas, excepto

TIPOS DE UNIÓN DE LA HIFA



a) RECTA



b) CURVEADA



c) ENBUDO

ESPOROCARPO



CELULAS AUXILIARES



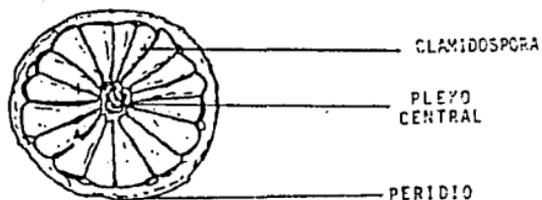
Las clamidosporas se forman en los extremos de las hifas, la pared de la espora puede ser laminar o doble, nacer individualmente en el suelo o en esporocarpos, la unión con la hifa sustentora es recta (a), curvada (b) o en embudo (c) y puede formar células auxiliares.

(Schenck y Pérez, 1987)

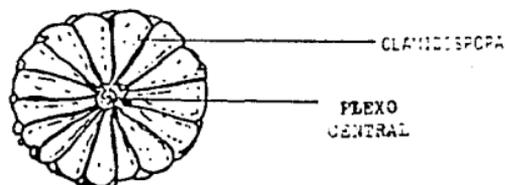
Fig. 4. Clamidospora formada por el género Clonost.

ESPOROCARIOS

CON PERIDIO



SIN PERIDIO



Los hongos que pertenecen a este género se caracterizan por formar clamidosporas, las cuales están arregladas ordenadamente en una singular capa alrededor del plexo central, formando así el esporocarpio

(Schenck y Pérez, 1987)

Fig. 5. Clamidospora formada por el género Sclerotium.



CELULAS AUXILIARES



EQUINADA



FINAMENTE PAPILADA

Las azigosporas germinan del extremo de una hifa sustentora bulbosa. Producen vesículas extramatriciales y células auxiliares. La unión con la hifa sustentora es vertical.

(Schenck y Pérez, 1957)

Fig. 6. Azigospora formada por el género Gelasinella.

por una muy pequeña que funciona para ocluir el poro. La pared de la espora se encuentra unida a una estructura bulbosa, la cual generalmente tiene una hifa que se extiende de ella hasta la espora. Sus tubos germinativos pasan directamente a través de la pared de la espora en la región de la base. La mayoría de las esporas son esféricas con 143-330 micras de diámetro, ocasionalmente elipsoidales de 232-252 x 234-250 micras, no ornamentadas (Sanni, 1976) (fig.6).

5.5.4 ACAULOSPORA.

El género *Acaulospora* (del griego A- sin, CAULOS- tallo, SPORA- espora). Se caracteriza porque sus esporas son sésiles. Las esporas producidas por este género son consideradas como azigosporicas, forman vesículas largas con un contenido denso y se producen terminalmente sobre una hifa lateral que está comunicada a la espora madre. A menudo las esporas hijas tienen un tamaño similar al de la espora madre. El contenido de las vesículas es transferido a la espora, la vesícula se vacía y se colapsa. Las azigosporas son producidas en el suelo, son largas, globosas y subglobosas (Gerdemann y Trappe, 1974; Janos, 1984) (fig.7).

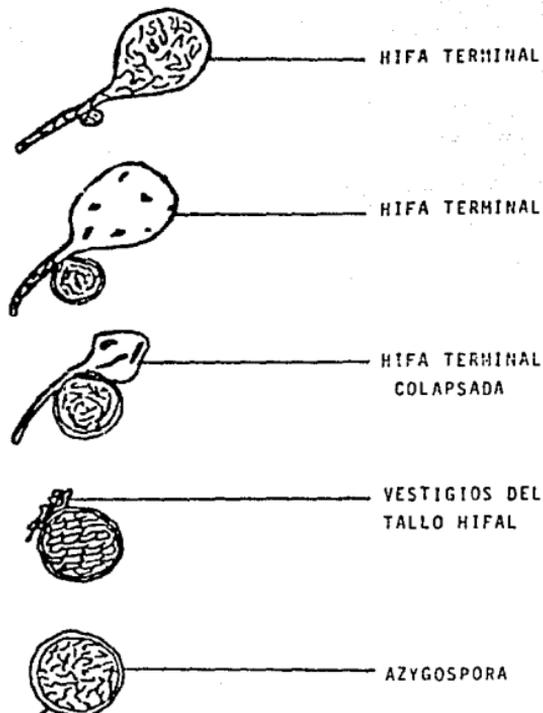
5.5.5 ENTROPHOSPORA.

El el género *Entrophospora* (del griego, ENTRO- interno, PHOS- lateral, SPORA- espora), hasta el momento no existe una descripción concreta de las características morfológicas e implicaciones fisiológicas de las esporas que forman este género, lo poco que se sabe, es que las esporas poseen una hifa sin forma definida como en

Glomus o en *Gigaspora*. Cuando alcanzan su madurez las esporas de *Entrophospora* dan origen a una espora hija en el extremo opuesto y lateralmente. El citoplasma de la espora madre, es transferido por corrientes citoplasmáticas a la espora hija, la cual empieza a desarrollar y posteriormente a estabilizar su metabolismo con el subsecuente crecimiento; mientras tanto, la espora madre sufre una desintegración celular lenta y se colapsa. Las esporas de este género son esféricas y globosas con citoplasma denso. Presentan de cuatro a siete paredes con ornamentaciones (Alwis y Abeynayake, 1980) (fig.8).

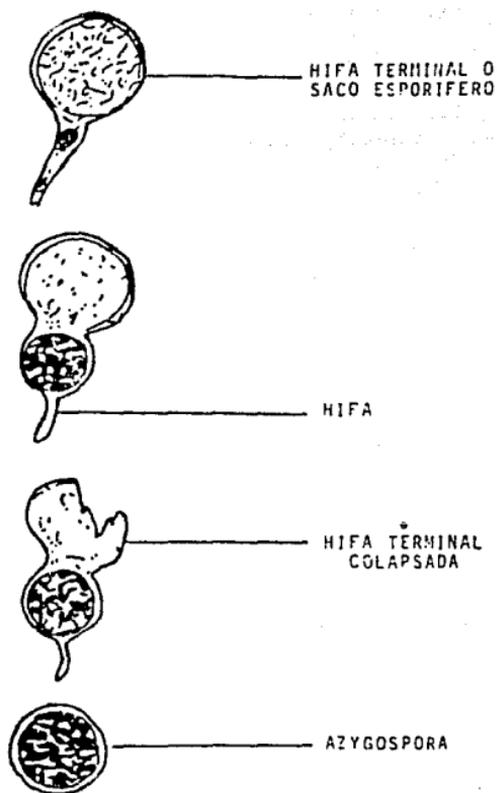
5.5.6 SCUTELLOSPORA.

El género *Scutellospora* (del latín, SCUTEM+ escudo, SPORA=espora) se caracteriza por la producción de esporas libres en el suelo (raramente se forman en las células corticales de las raíces). Son de tamaño grande, variables en forma, usualmente son globosas o subglobosas, pero también hay ovoides, piriformes, o irregulares especialmente cuando se contraen durante su formación; poseen un bulbo suspensor, usualmente con una hifa reducida que se extiende hacia la espora con una o más proyecciones como clavijas. La estructura de la pared presenta dos grupos, una que es externa con una o más paredes que son membranosas y flexibles, mientras que la del otro grupo interno son de paredes coraceas rígidas. La germinación es por medio de uno o más tubos germinativos producidos cerca de la base de la espora en el escudo de germinación, el cual



Los hongos que pertenecen a este género forman azygosporas, la espora nace de una vesícula grande de pared delgada de una hifa terminal en forma de embudo ancho, el contenido de la vesícula es transferido a la espora y cuando ésta alcanza la madurez la vesícula se vacía y se colapsa (Schenck y Pérez, 1987)

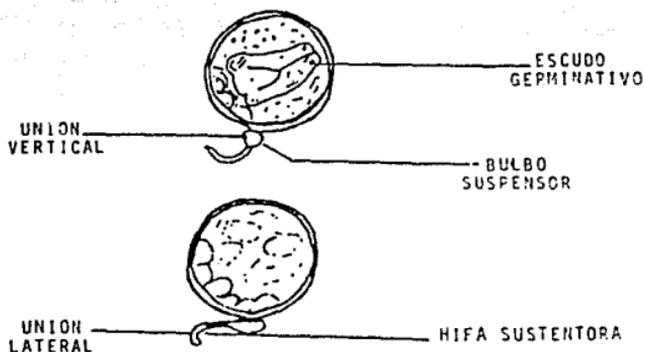
Fig. 7. Azygospora formada por el género Acaulospora



Las azygosporas germinan en el interior de la hifa terminal o saco esporífero. El contenido del saco esporífero es transferido a la esporangia, cuando esta alcanza su madurez el saco se vacía y se colapsa.

Fig. 8. Azygospora formada por el género Lactariopsis. (Schenck y Pérez, 1987).

AZYGOSPORA



CELULAS AUXILIARES



PROTUBERANTE



AMPLIAMENTE PAPILADA

Las azygosporas germinan del extremo de una hifa sustentora bulbosa. La hifa sustentora bulbosa puede estar unida en forma vertical o lateral. Se caracteriza por formar el escudo germinativo. Produce células auxiliares

(Schenck y Pérez, 1957)

Fig. 9. Azygospora formada por el género Scutellinia.

está formado sobre o dentro de una pared flexible interna. Las azigosporas producen células auxiliares que pueden ser protuberantes o ampliamente papiladas. Es importante mencionar que este género forma endomicorizas con arbúsculos e hifas enrolladas, pero sin vesículas (Schenck y Perez, 1987) (fig.9).

5.6 UBICACION TAXONOMICA DE LA ESPECIE MICORRIZICA UTILIZADA.

REINO Fungi
SUBREINO Thallophyta
DIVISION Eumycota
SUBDIVISION Zygomycotina
CLASE Zygomycetes
ORDEN Glomales
SUBORDEN Glominae
FAMILIA Glomaceae
GENERO *Glomus*
ESPECIE *fasciculatum*

Fuente: Morton y Benny, 1990.

6. RELACION HONGO PLANTA SUELO

6.1 EL SUELO Y LAS VAM.

El suelo, medio natural para el crecimiento de las plantas es, a su vez, hábitat de gran número de microorganismos (bacterias, hongos, protozoarios, etc.) que desarrollan una amplia gama de acciones de considerable repercusión en la producción agrícola (Barea y Azcón-Aguilar, 1982a).

Como es sabido, el suelo está compuesto por tres fases; la fase sólida- que a su vez es un sistema tripartito constituido por minerales (primarios y secundarios), residuos orgánicos de origen animal, vegetal y microbiano, en distintos estadios de degradación y una biomasa microbiana en mayor o menor grado de actividad-, la fase líquida, de gran importancia en la distribución de materiales y la fase gaseosa. Es obvia la existencia de innumerables interacciones de tipo físico, químico y biológico y el desarrollo de interfases más o menos complejas, de lo que se deduce que el comportamiento de los microorganismos en el suelo hay que estudiarlos en el contexto de tales interacciones. Es decir, que hay que investigar la actividad, dinámica de población, etc., de los microorganismos bajo las condiciones de su ambiente natural (Barea y Azcón-Aguilar, 1982b).

Los suelos son conocidos por diferir en su receptibilidad a los microorganismos; esto sería un factor clave para la exitosa introducción de VAM no nativas en el suelo (Gianinazzi *et al.*, 1989).

Las raíces de las plantas soportan el desarrollo de un complejo de microorganismos que, en conjunto, pueden tener un profundo efecto en el crecimiento y supervivencia de la planta, en los que destacan los hongos y nemátodos patógenos del suelo que son causantes de pérdidas económicas considerables (Barea y Azcón-Aguilar, 1982).

Las raíces absorben iones de los nutrientes; pasivamente con la transpiración corriente y por difusión y activamente por procesos metabólicos. Las raíces toman los minerales ligeramente solubles y pueden adquirir los iones por varios mecanismos de interacción. Los nutrientes son transportados a las hojas y regresan al suelo, el cual es el ciclo de nutrientes (Jenny, 1980).

La penetración de la raíz por la micorriza vesículo-arbuscular (VA) es afectada por varios factores de diferente origen. Además, parece que el crecimiento saprófito del hongo VA puede tomar lugar en el suelo (Azcón-Aguilar y Barea, 1985).

Pero la eficiencia de la infección de la VAM y de la penetración de la raíz van a depender de las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo, y por consiguiente los resultados de las mismas van a variar de acuerdo a los diferentes tipos de suelos.

6.2 INTERACCION ENTRE CEPAS NATIVAS Y CEPAS INTRODUCIDAS.

Los efectos prácticos de la competencia entre las cepas de micorrizas nativas e introducidas pueden ser reflejadas en cambios, con el tiempo, de la eficiencia (rendimiento de la planta) (Lambert *et al.*, 1980).

La introducción de una cepa micorrizica puede beneficiar el crecimiento de la planta por dos razones: a) que las cepas nativas desarrollan una infección muy baja, o b) que las cepas nativas sean relativamente ineficaces (Mosse, 1981).

Mosse (1975) demostró que las cepas micorrizicas no nativas pueden ser introducidas a suelos estériles o no estériles, estas pueden establecer una competencia con las cepas nativas y aumentar el crecimiento de la planta.

Los factores que pueden interferir durante la introducción de cepas micorrizicas son: la distribución y la abundancia de las cepas nativas, su efectividad en relación a la cepa introducida y la cantidad de Fósforo soluble en el suelo (Abbott y Robson, 1978; Mosse, 1978).

La adaptabilidad a los factores edáficos pueden afectar el desempeño del hongo introducido en los suelos donde el inóculo micorrizal esta ausente, o ha sido eliminado, pero la adaptación es crucial si las cepas introducidas estan para competir con buen exito con las cepas nativas ya presentes en el suelo (Lambert *et al.*, 1980).

Abbott y Robson (1978) encontraron que las cepas introducidas incrementan el crecimiento de la planta huésped, al asociarse con cepas nativas, sin aumentar el por ciento de infección. La inoculación con cepas introducidas no disminuye el por ciento de las cepas nativas en etapas tempranas de la infección, esto no significa que no afecte el desarrollo de la micorrización nativa en estados avanzados de la infección.

Mosse (1978) encontró que las cepas introducidas son más tolerantes a la adición de fertilizantes que las cepas nativas, las cuales están adaptadas a suelos poco fértiles, esto puede ser un factor que favorezca la inoculación en el campo con cepas introducidas.

Abbott y Robson (1982) dedujeron que los tratamientos usados para remover la VAM nativa puede cambiar el estatus de nutrientes en el suelo. Además, cualquier efecto benéfico de la VAM nativa en la nutrición de las plantas agrícolas dependería de la abundancia y tipos de hongos presentes en el suelo.

Muromtsev *et al.* (1989) trabajando con varios hospederos, encontraron que en suelos no esterilizados, a pesar de la presencia de endófitos nativos, la inoculación de cebada, veza y cebolla, con los cultivos elegidos de endomicorrizas también resultó efectiva.

El Atrash *et al.* (1989) compararon los efectos de 5 hongos introducidos en dos suelos, estériles y no estériles, y encontraron que el nivel de infectividad fue alto y similar en los suelos naturales y esterilizados para los endófitos efectivos. Además de que la población de VAM nativas pueden acrecentar o reducir el efecto de alguno de los endófitos introducidos. Generalmente, la micorriza introducida más el hongo nativo en ambos suelos acrecentó la asimilación de nutrientes, los efectos sinérgicos entre los hongos nativos y elegidos pueden acrecentar el crecimiento de la planta.

Sen *et al.* (1989) encontraron que las cepas introducidas fueron casi totalmente excluidas, indicando que el éxito de la inoculación bajo condiciones de campo dependería de las especies

nativas presentes, las especies introducidas y la colocación del inóculo.

Hetrick y Wilson (1990) haciendo un estudio de dependencia micorrizal de dos pastos, encontraron que *Koeleria pyramidata* fue poco o menos dependiente de la simbiosis en el hábitat nativo y por ende de la VAM nativa. Y que las 2 fuentes de inóculo (nativo e introducido) fueron efectivos sobre *Andropogon gerardii*.

La inoculación no es necesaria, cuando en un suelo dado están presentes niveles altos de VAM nativa efectiva. Además, en suelos con altas poblaciones de VAM infectivas, la inoculación no puede incrementar la producción de plantas a menos que el suelo sea desinfectado, y haciendo la comparación de la efectividad de las VAM nativas con los hongos introducidos de hecho mostraron que los primeros fueron muy efectivos (Gianinazzi *et al.*, 1989).

En general es difícil alterar la población microbiana de suelos no estériles. Los organismos introducidos pueden morir en unos pocos meses o las poblaciones nativas pueden regresar a su nivel original. No obstante, las micorrizas cuando infectan un huésped adecuado parece que se establecen permanentemente (Mosse, 1981).

6.3 EFECTO DE LA ESPECIE MICORRIZICA (*Glomus fasciculatum*).

La existencia de diferentes especies de micorrizas, aumenta la complejidad del sistema micorrizico, debido a que las micorrizas pueden diferir grandemente en el beneficio que ellas pueden dar a la planta huésped. Esta eficacia puede ser afectada por factores del suelo que controlan el desarrollo fúngico, la transportación y

liberación de Fósforo en la raíz, y la patogenicidad latente para su huésped (Mosse, 1981).

Mosse y Hayman (1971) fueron los primeros en demostrar que existe una respuesta diferente a la inoculación micorrizica usando diferentes copas fúngicas.

Azcón y Ocampo (1981) demostraron que las especies de las plantas difieren en su respuesta a la inoculación micorrizica, esta respuesta está en función del nivel de fertilidad de los suelos.

La inoculación con la micorriza *Glomus fasciculatum* acrecentó el crecimiento de cacahuete y aumento su materia seca más de 2 veces comparadas con las plantas no inoculadas, en suelos esterilizados y no esterilizados. Esta también incrementó significativamente la absorción de Fósforo y de micronutrientes tales como el zinc, cobre, hierro y manganeso (Krishna y Bagyaraj, 1984).

Thomson et al. (1985) examinaron el efecto del suministro de S sobre la formación de la VAM *Glomus fasciculatum*, y dedujeron que el nivel más alto de S disminuye el porcentaje de longitud de raíz que fue micorrizada y el peso seco de raíces micorrizadas; también disminuyó la concentración de carbohidratos solubles en las raíces. Además, la aplicación de S no afectó la concentración de P en los ápices.

La inoculación con *Glomus fasciculatum* incrementó significativamente el peso seco y el contenido de P en los vástagos y raíces sobre las plantas no inoculadas (Manjunath y Bagyaraj, 1986).

Mosse (1975, 1977) citado por Ikram et al. (1987) mostró que *Glomus fasciculatum* cepa E3 fue muy eficiente estimulando la absorción, el crecimiento de la planta y la nodulación de varias leguminosas en muchos suelos trópicos ácidos, no esterilizados.

Davies et al. (1987) investigaron los efectos de la micorriza *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, y un hidrogel en el suelo, en las relaciones de agua en *Rosa multiflora*; ellos encontraron que el peso seco de los vástagos y raíces y la relación vástago: raíz fueron más altos cuando el hidrogel fue incorporado al medio, a pesar de la colonización. Además las plantas micorrizadas tuvieron menor proporción transpiracional y una mayor resistencia difusiva con o sin la incorporación del hidrogel en el medio.

La micorrización *G. mosseae* y *G. fasciculatum* fue bien establecida en las plantas de alfalfa creciendo en un medio enraizador esterilizado de arena-vermiculita; encontrando respuestas significativas en el crecimiento de la planta a la colonización VAM especialmente con *G. fasciculatum* (Piccini y Azcón, 1987).

Simmons y Pope (1987) trabajando con diferentes densidades de volumen de suelo encontraron; que en el álamo amarillo los efectos de la compactación del suelo pueden sobrepasar los beneficios micorrizales en la densidad de volumen más alta. Por otra parte, los vástagos de ocozal (en cada densidad de volumen) inoculadas con *G. fasciculatum* mostraron el mayor crecimiento de la raíz, sugiriendo que los efectos de la compactación pueden ser aliviados en el ocozal por la inoculación con esta micorriza.

La colonización de *Citrus jambhiri* por *Glomus fasciculatum* aparentemente alteró el balance de carbohidratos en hojas y raíces (Dixon *et al.*, 1988).

Arinez *et al.* (1988) encontraron que *G. fasciculatum* sobrevive muy bien con *G. tenue* en las plantas de trébol. No obstante cambiando las condiciones de crecimiento inhiben fuertemente el endófito fino, el cual no fue encontrado en algún suelo inoculado, en cualquier nivel de fertilidad. Esto sugiere que *G. fasciculatum* es altamente competitivo o que *G. tenue* solo puede sobrevivir en cultivos envejecidos.

Baas (1989) encontró un aumento de la relación peso del vástago, concentraciones de N y P y respiración de la raíz, y una disminución en el porcentaje de materia seca en plantas de *Plantago major* inoculadas con *Glomus fasciculatum*.

Dixon (1989) encontró que la inoculación con *G. fasciculatum* y *G. mosseae* resultaron en el incremento de la actividad de las citocininas en los vástagos de *Citrus jambhiri*.

6.4 INTERACCIONES VAM-CHILE.

En realidad dentro del gran campo de estudio que ofrecen las VAM existen relativamente pocas estudios de la interacción chile-VAM, entre los que se encuentran:

Hirrel y Gerdemann (1980) trabajando con chile campana y cebolla en suelos salinos, encontraron que en ambas especies las plantas micorrizadas fueron menos afectadas que las plantas no micorrizadas. Además, en chile campana micorrizado, el por ciento de peso fresco de vástagos y raíces fue mayor en las plantas

infectadas con *Glomus fasciculatum* que con aquellas infectadas con *Gigaspora margarita*.

Bagyaraj y Sreeramulu (1982) encontraron que las plantas de chile responden bien a la inoculación micorrizal bajo condiciones de campo, incrementando significativamente el crecimiento, la absorción de P y Zn, la floración (número de flores y tiempo de floración), el rendimiento, el contenido de ácido ascórbico del fruto y el peso seco de la planta.

Haas y Krikun (1985) estimaron la cantidad de inóculo requerido para promover un buen desarrollo de la VAM y la respuesta del crecimiento de la planta en chile campana, ellos ocuparon 7 densidades de inóculo del hongo *G. macrocarpum*, encontrando una gran variación entre los aislados y establecieron un nivel mínimo de 1 propágulo/ml-1 y un nivel óptimo de 10-15 propágulos/ml-1 para la infestación de las plantas de chile en los semilleros.

Haas et al. (1986) investigaron los efectos de la disponibilidad de nutrientes en plantas micorrizadas de chile campana y encontraron que el mayor desarrollo de plántulas aunado con una buena colonización del hongo se encontró cuando se les proporcionó a estas 18 μM de N, 1,2 μM de P y 7 μM de K, además las plantas mostraron un incremento de peso del 188% comparadas con plantas no micorrizadas.

Krikun et al. (1987) reportaron que las plantas de chile inoculadas con *G. macrocarpum* mostraron poco desarrollo, y no encontraron diferencias significativas en el crecimiento de la planta, pero los rendimientos del fruto fueron marcadamente superiores.

Haas et al. (1987) inocularon plantas de chile con *G. macrocarpum* en suelos deficientes en fósforo, para evaluar los efectos de la fertigación de P y de la fumigación del suelo con Bromuro de Metilo, ellos encontraron que la fumigación reduce la población de la VAM, y el rendimiento más alto de chile se obtuvo en plantas micorrizadas fertigadas con 1.3 mM de P/lit.

Waterer y Coltman (1988) encontraron que la inoculación micorrizal influyó más en el peso fresco total en plantas de chile que en plantas de poro, y también las plantas de chile inoculadas tuvieron niveles más altos de P en los tejidos que las plantas no inoculadas. Además, la intensidad de la infección micorrizal en ambos cultivos fue afectada significativamente por la interacción entre la concentración de P con la densidad del inóculo.

Afek et al. (1989) encontraron al estudiar la respuesta de la inoculación de chile cobolla y algodón en relación a la posición del inóculo y la edad de la raíz, que las raíces viejas tienen poca respuesta a la colonización en comparación con las raíces jóvenes; la colonización máxima de la VAM fue alcanzado cuando el inóculo se aplicó a 3 cm abajo de las semillas al momento de la plantación.

Waterer y Coltman (1989) estudiaron la respuesta de chile campana inoculado con *G. aggregatum* y encontraron que las plantas micorrizadas incrementaron la absorción de P, el peso seco, el rendimiento y redujeron el tiempo de aneisis, en suelos deficientes en P. Ellos también estudiaron la respuesta del chile micorrizado al tiempo de la inoculación (antes y durante el trasplante), a la absorción de P y al estrés de agua, encontrando que las plantas inoculadas antes del trasplante fueron mejores; la concentración

de P en los tejidos de las plantas micorrizadas fue más alto en el trasplante y que las plantas micorrizadas son más tolerantes al shock del trasplante que las plantas no micorrizadas.

Brechelt (1989) encontró resultados contrastantes en el peso seco de vástagos de plantas inoculadas con *Acaulospora longula*; trabajando con diferentes abonos orgánicos, y teniendo mayor peso seco en plantas inoculadas con menos cantidad de abono aplicado, y esto se revertía cuando se aplicaba mayor abono, las que respondían mejor eran las plantas no micorrizadas; y vio que la composta de abono orgánico siempre causó un pobre crecimiento de las plantas inoculadas.

Afek et al. (1990) evaluaron la duración del tiempo requerido para la colonización VAM, el efecto de la edad radicular y la posición del inóculo con respecto del sistema radicular en los cultivos de chile, cebolla y algodón, encontrando que en el chile la colonización de *Glomus deserticola*, *G. mosseae* y *G. intraradices* comenzó entre los 3 y 6 días de la inoculación, y después de 21 días alcanzó 60, 13 y 10% respectivamente.

Davies y Linderman (1991) encontraron que la VAM tuvo efectos a corto plazo sobre la nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas de chile. Los altos niveles de fósforo incrementaron el número de frutos, área foliar, peso seco de raíz, vástago y fruto, y disminuyó la relación de área foliar.

IV. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevo a cabo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, localizada en la cuenca del Valle de México, al oeste de la cabecera municipal de Cuautitlán de Romero Rubio, Edo. de México; dicho municipio se extiende aproximadamente entre los 19° 37' y los 19° 25' de latitud Norte y entre los 99° 07' y los 99° 14' de longitud oeste.

La fase experimental se realizó dentro de un invernadero de cristal. El trabajo práctico consistió de las etapas siguientes:

1.- Propagación del inóculo micorrízico.

El inóculo micorrízico inicial provino de una muestra de 20 g. de suelo con raíces de pasto Rhodex (*Ciliaris gayana* Kunt), infectado con el hongo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus fasciculatum* (Thaxt. sensu Gerd); proporcionada por el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Instituto de Geología de la UNAM, propagándolo a su vez en pasto Rhodex para incrementar la cantidad de inóculo disponible desde agosto de 1991 hasta marzo de 1992. El cultivo fué en macetas utilizando un suelo pobre en fósforo.

2.- Siembra en charolas.

Se utilizaron semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) del tipo serrano var. Tampiqueño 74, usando como sustrato una mezcla de agrolita-vermiculita-cáscara de cacahuete (1:1:1) (volumen), del cual se obtuvieron las plantas inoculadas; primero llenando las oquedades a 3/4 partes de su capacidad, se le adiciono una ligera capa del inóculo, (raíces infectadas de pasto rhodex con 52%), depositando 5 semillas por oquedad cubriendolas con otra capa de inóculo y se lleno con una capa de la mezcla.

En el otro semillero, para obtener las plantas testigo, el sustrato usado fué el de agrolita. Las oquedades se llenaron de la misma manera que en el semillero anterior, solo que sin las capas de inóculo. Después al germinar se ralearon a tres plántulas por oquedad.

3.- Transplante.

Esta etapa, a su vez consistió de los siguientes pasos:

a) Muestreo de suelo: este se realizó en Tepetzotlán y Tres Marías, Edo. de México.

b) Análisis físicos y químicos: la textura fue determinada por el método del hidrómetro de Bouyucos. El pH se determinó con el potenciómetro, relación suelo-agua 1:2. La conductividad eléctrica por obtención del extracto vía pasta de saturación y determinada con puente de conductividad. Materia Orgánica por el método de Walkley y Black. Nitrógeno total por el método de Kjeldahl. Fósforo por el método Bray-1. Potasio extractado en acetato de amonio 1N pH 7.0 (relación 1:5) y determinado por espectrofotometría de emisión de flama. El Sodio y Calcio extractados en acetato de amonio 1N pH 7.0 (relación 1:20) por centrifugación y determinado por espectrofotometría de omisión de flama (Na) y por volumetría de EDTA (Ca.). La capacidad de intercambio catiónico por acetato de amonio 1N pH 7.0 por centrifugación.

Los resultados son mostrados en el anexo 1.

La mitad del suelo fué esterilizado en autoclave, para evitar la acción de otros microorganismos.

c) Llenado de macetas: las macetas previamente desinfectadas con alcohol etílico fueron llenadas con 2.7 kg del suelo de Tepetzotlán

y 1.8 kg para el suelo de Tres Marías (esto debido a la densidad aparente de los suelos).

d) **Transplante en macetas:** este se realizó a los 50 días después de la siembra, dejando tres plántulas por maceta.

e) **Fertilización:** se realizó a los ocho días después del transplante, usando una dosis de 150-120-00. Las fuentes de fertilización fueron UREA 0.3 gr y Superfosfato de Calcio Triple 0.26 gr por maceta.

El diseño experimental fué un trifactorial con un arreglo combinatorio y una distribución de los tratamientos en bloques completamente al azar dando en total 8 tratamientos.

Los factores estudiados son:

- a.-Esterilización del suelo.
- b.-Inoculación.
- c.-Fertilización química.

Los tratamientos son los siguientes:

- T1.-Suelo sin esterilizar, planta sin inóculo y sin fertilización.
- T2.-Suelo sin esterilizar, planta inoculada y sin fertilización.
- T3.-Suelo sin esterilizar, planta sin inóculo y con fertilización.
- T4.-Suelo sin esterilizar, planta inoculada y con fertilización.
- T5.-Suelo esterilizado, planta sin inóculo y sin fertilización.
- T6.-Suelo esterilizado, planta inoculada y sin fertilización.
- T7.-Suelo esterilizado, planta sin inóculo y con fertilización.
- T8.-Suelo esterilizado, planta inoculada y con fertilización.

4.-Evaluaciones:

Los parámetros evaluados en este experimento fueron: altura de planta, peso fresco y seco de la planta, desplazamiento de volumen

de raíz, porciento de infección micorrízica, número de flores y frutos, rendimiento, porciento de fósforo total en la planta e índice de eficiencia micorrízica.

V. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los análisis de varianza y de separación de medias se realizaron con un programa estadístico llamado MSTAT proporcionado por el CIMMYT. Los datos obtenidos en el invernadero y sus respectivos análisis se presentan en el ANEXO 2.

A) EXPERIMENTO 1. SUELO DE TRES MARIAS.

1.-Altura de planta.

En lo que respecta en los resultados de ésta variable, el análisis de varianza mostró que son altamente significativos, lo cual indica que los tratamientos presentan diferencias entre ellos. Siendo el tratamiento 8 (Suelo esterilizado con inóculo y fertilizado) el que tuvo el mejor promedio.

Lo que se presenta en la prueba de medias es que los tratamientos que mejor respondieron en este suelo fueron los que contenían a la micorriza en el suelo esterilizado y en el no esterilizado. Esto concuerda con los resultados encontrados por Krishna y Bagyaraj (1984), los cuales trabajando con *Glomus fasciculatum* vieron que la inoculación con esta micorriza acrecentó el crecimiento de la planta en suelos esterilizados y no esterilizados.

De donde se desprende que esta variable existe una gran diferencia ocasionada por la presencia y acción de la micorriza.

Además esta cepa utilizada obviamente fue igual de efectiva en presencia de la micorriza nativa.

En lo que se refiere al testigo, éste fue estadísticamente igual al tratamiento 3, en el cual hubo adición de fertilizantes, y fue mejor que los tratamientos no inoculados en el suelo esterilizado, sin la adición de fertilizantes.

Por el contrario, esto contrasta con los resultados de Graw (1979) en los cuales las plantas no micorizadas crecieron mejor cuando se les aplicó fertilizante. Aunque estadísticamente sean iguales en este experimento.

Cuadro No. 1.- Comparación de medias de altura, peso fresco y seco; y desplazamiento de raíz en plantas de chile en suelo de Tres Marías.

TRAT	ALTURA PTA.	PESO FRESCO	PESO SECO	RAIZ DESPLA
1	27.91C	22.20 C	15.75 C	7.00 D
2	38.93 B	26.56 C	16.80 BC	13.83 C
3	36.87 BC	33.76 B	18.20 ABC	19.00 C
4	43.88 B	34.03 B	19.40 ABC	20.00 BC
5	5.14 D	5.20 D	4.56 D	0.33 E
6	44.56 B	40.90 A	21.43 A	33.83 A
7	4.87 D	5.06 D	4.60 D	0.66 E
8	55.03 A	38.60 AB	20.30 AB	26.00 B
CV	29.46	21.46	25.19	41.71
sig	* *	* *	* *	* *

2.- Peso fresco de planta.

En este parámetro los resultados del análisis de varianza son altamente significativos. Dentro de los cuales la media más alta se presentó en el tratamiento 6 (Suelo esterilizado, con inóculo y sin fertilización) aunque es estadísticamente igual al tratamiento 8 y este a su vez es estadísticamente igual a los tratamientos 4 y 3; este último es algo que se encontró constantemente en los demás resultados, pero que no se esperaba porque es un tratamiento en el cual no se encuentra la micorriza, superando incluso a un tratamiento inoculado.

Waterer y Coltman (1988), también encontraron resultados significativos trabajando con chile, lo que nos reafirma que la inoculación con la VAM es un factor importante en el desarrollo de la planta. Pero cabe hacer mención que estos mismos autores no tuvieron resultados significativos trabajando con poro en el mismo experimento.

El testigo fue estadísticamente igual al tratamiento 2 y fue superior a los tratamientos 5 y 7. Aritméricamente la media de estos tratamientos es 4 veces menor que el testigo.

Pero de manera general, al igual que Gupta y Janardhanan (1991) con la inoculación se obtuvieron mejores resultados que con los no inoculados. Ellos tuvieron 3 veces más peso fresco en las plantas inoculadas en comparación con los testigos.

3.- Peso seco de planta.

Con respecto a este parámetro, los resultados obtenidos en el análisis de varianza fueron altamente significativos. De acuerdo a varios autores (Antunez y Cardoso, 1991; Saxerud y Funke, 1991) se

ha encontrado que la inoculación con VAM aumenta significativamente el peso seco.

En la prueba de medias, el mejor promedio fué el del tratamiento 6 aunque estadísticamente igual a los tratamientos 8, 4 y 3 ; lo cual reafirma lo mencionado anteriormente con respecto a la inoculación, lo que se refiere al tratamiento 3, lo que ayuda que alcance esos niveles es la interacción de la micorriza nativa más la adición de fertilizante, esto también fué encontrado por Saxerud y Funke (1991), sobre todo cuando ellos incrementan la cantidad de P para las plantas no micorrizadas.

En esta variable se encontró que el testigo fué estadísticamente igual a los tratamientos 2, 3 y 4, los cuales crecieron en suelo no esterilizado, con fertilizante (3, 4) y sin fertilizante (2), y solo superando a los tratamientos 7 y 5 que se desarrollaron en suelo esterilizado.

De aquí se deduce que existen en el suelo micorrizas nativas y/o microorganismos del suelo, hacen que respondan mejor esos tratamientos que el 7 y 5 posiblemente a la falta de inóculo.

Esto se reafirma con el trabajo de Verkade (1990), en el cual encontró que la desinfección del suelo no alteró los resultados, y eso, es lo mismo que se encontró en este experimento, ya que el factor principal fué la inoculación.

4.- Desplazamiento de raíz.

Este parámetro siguió la misma tendencia que los anteriores, como son: los resultados del análisis de varianza son altamente significativos, el promedio más alto fué el del tratamiento 6, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. El

tratamiento 8 fué estadísticamente igual al 4, en los cuales la única diferencia es la esterilización del suelo en el tratamiento 8. Los tratamientos 4, 3 y 2, fueron estadísticamente iguales, esos tratamientos crecieron en suelo no esterilizado.

El testigo, al igual que las otras variables, fué superior a los tratamientos 7 y 5, los cuales resultaron ser los peores en este suelo. Es de gran importancia mencionar que no existen trabajos en los cuales se evalúe el desplazamiento de volumen de raíz, pero de esto se deduce que se relaciona con una gran masa de raíz y a su vez trae como consecuencia aumento o disminución en el peso seco de la misma. Por lo que se podría decir que los tratamientos inoculados obtuvieron un mayor peso de raíz que el testigo, además se tiene una mayor área de infección y por lo consiguiente coadyuva al desarrollo de la planta.

5.- Porcentaje de infección micorrízica.

En lo que concierne a esta variable, al igual que en las anteriores el análisis de varianza nos mostró que los resultados fueron altamente significativos.

En lo que se refiere a la prueba de medias, el mejor promedio lo obtuvo el tratamiento 6. Aquí se presentó la particularidad de que ningún tratamiento fué estadísticamente igual a otro, a excepción de los tratamientos 5 y 7, los cuales fueron los peores. Resultando los mejores tratamientos los inoculados, aunque el porcentaje de infección que presentó fue bajo (43.6%) para el tratamiento 6. Esos promedios fluctuaron del 0 al 43.6% para los tratamientos 5 y 7, y el tratamiento 6, respectivamente.

Esto concuerda con lo encontrado por varios autores (Haas et al., 1987; Ikram et al., 1987; Middleton, 1989), los cuales establecieron que la esterilización del suelo impide y/o elimina la acción de las micorrizas.

Cuadro No. 2.- Comparación de medias de % de infección micorrizica, % de fósforo e índice de eficiencia micorrizica en plantas de chile en suelos de Tres Marías.

TRAT	N INF MICO	N P PLANTA.	I. E. M.
1	20.46E	0.19 D	0.00 F
2	31.70C	0.28 C	6.22 E
3	17.81F	0.21 D	13.04 D
4	23.02D	0.29 C	18.81 C
5	0.00G	0.03 E	9.43 B
6	43.61A	0.43 A	26.32 A
7	0.00G	0.05 E	9.03 G
8	35.94B	0.38 B	22.39 B
CV	5.23	20.98	40.00
sig	**	**	**

6.- Número de flores.

En lo que se refiere a este parámetro no es posible hacer un análisis completo, porque solo 4 tratamientos presentaron flores (3, 4, 6 y 8). Dentro de los cuales los primeros dos crecieron en suelo no esterilizado y aquí se reafirma que la micorriza nativa jugó un gran papel en este suelo y los dos últimos crecieron con la similitud que fueron inoculados en suelo esterilizado. Estos resultados concuerdan de alguna forma con los obtenidos por Bagyaraj y Sreeramulu (1982).

7.- Número de frutos.

En este punto el análisis es aún más incompleto pues solo en dos tratamientos se obtuvieron frutos que fueron los inoculados en el suelo esterilizado (6 y 8). Siendo la única diferencia la fertilización del suelo que es un factor importante en esta variable, al igual que la esterilización del suelo.

8.- Rendimiento de plantas.

Al igual que en la variable anterior no me es posible emitir un análisis completo, puesto que solo los tratamientos 6 y 8 fueron los únicos que presentaron frutos.

9.- Porcentaje de Fósforo total en la planta.

Los resultados obtenidos por medio del análisis de varianza en esta variable fueron altamente significativos, estos concuerdan con los obtenidos por Palacios *et al* (1986) y Verkade (1991).

El tratamiento que obtuvo el mejor promedio fue el 6, seguido por el tratamiento 8. En esta variable el testigo fue

estadísticamente igual al tratamiento 3, solo arriba de los tratamientos 5 y 7. Al igual que en el trabajo de El-Atresh *et al.* (1987), en este experimento las plantas inoculadas obtuvieron mayor P que las no micorrizadas en suelo esterilizado y no esterilizado. Y las plantas inoculadas en el suelo esterilizado tuvieron más P que las plantas inoculadas en el suelo no esterilizado.

Pero también es necesario mencionar que el testigo tuvo mayor P que los tratamientos 5 y 7 que crecieron en suelo esterilizado, lo que se puede explicar por la falta de micorrizas nativas en el suelo, erradicadas por la esterilización.

10.- Índice de eficiencia micorrizica.

Al igual que los otros parámetros, los resultados son altamente significativos, estos concuerdan con los obtenidos por Ortuño *et al.* (1992). El mejor promedio lo presentó el tratamiento 6. Aquí los más bajos fueron los tratamientos 5 y 7 que incluso fueron negativos.

11.- Correlaciones.

En este suelo se mostró una gran correlación entre todas las variables implicadas, pero sobresaliendo las que se presentaron entre el desplazamiento de raíz y el porcentaje de P total en la planta, entre el peso fresco y seco de la planta, y el del porcentaje de infección micorrizica y el porcentaje de P total (ANEXO 2).

B) EXPERIMENTO 2. SUELO DE TEPOTZOTLAN.

1.- Altura de planta.

En lo que se refiere a este parámetro el análisis de varianza mostró que los resultados obtenidos son altamente significativos. En cuanto a la prueba de medias el tratamiento con el mejor promedio fué el 7 (Suelo esterilizado, sin inóculo y con fertilización), pero siendo estadísticamente igual a los tratamientos 6, 5 y 8. La característica principal de estos tratamientos es que crecieron en suelo esterilizado, y los resultados están en concordancia con los obtenidos de manera general por Hetrick y Wilson (1991), es decir, que la desinfección del suelo ayuda a la buena introducción de una micorriza, pero de otra manera están en desacuerdo con los resultados de El-Atrash et al. (1989), los cuales encontraron que la micorriza introducida más el hongo nativo acrecentaron la altura de la planta.

Dentro de los resultados de esta variable el peor promedio fué obtenido por el testigo, aunque estadísticamente igual al tratamiento 3, que no contaban con la incorporación del inóculo.

La importancia de esto radica en que todos los tratamientos de alguna manera u otra son mejores al testigo, pero siendo el factor más importante la esterilización del suelo, como fué encontrado por Middleton et al. (1989).

Cuadro No. 3.- Comparación de medias de altura, peso fresco y seco y desplazamiento de raíz en plantas de chile en suelo de Tepetzotlán.

TRAT	ALTURA PTA.	PESO FRESCO	PESO SECO	RAIZ DESPLA
1	15.21 E	9.40 D	5.50 E	6.16 E
2	37.93 CD	27.06 BC	16.63 C	7.16 CD
3	27.26 DE	20.53 C	11.46 D	7.06 DE
4	47.01 BC	31.13 B	18.16 BC	9.66 C
5	58.27 AB	52.50 A	24.20 A	17.00 B
6	50.89 AB	46.45 A	21.93 AB	16.66 B
7	61.08 A	51.50 A	22.95 AB	20.50 AB
8	55.48 AB	52.33 A	23.48 A	22.16 A
C.V.	29.71	25.28	27.21	35.96
sig	* *	**	**	**

2.- Peso fresco de planta.

En este parámetro, según el análisis de varianza los resultados son altamente significativos. También se encontró que el mejor promedio fué obtenido por el tratamiento 5 (Suelo esterilizado, sin inóculo y sin fertilizante), pero al igual que en el parámetro anterior es estadísticamente igual a los tratamientos 8, 7 y 6, respectivamente.

Giminazzi et al. (1989), encontraron que con la desinfección o esterilización del suelo se obtiene un mayor peso fresco de plantas que en aquellas que crecieron en suelo no desinfectado. Y además, muestra que el testigo es inferior a los tratamientos micorrizados.

Esto concuerda con nuestro experimento, ya que el testigo obtuvo el peor promedio, el cual aritméticamente fué muy inferior a los demás.

3.- Peso seco de planta.

De acuerdo a los resultados presentados en el análisis de varianza, se encontró la misma tendencia que los anteriores, los cuales fueron altamente significativos.

En esta variable el mejor promedio fué obtenido por el tratamiento 5, pero al igual que en los otros parámetros fué estadísticamente igual a los tratamientos 8, 7 y 6, y estos se desarrollaron en suelo esterilizado.

Ikram *et al.* (1987), encontró que en el suelo esterilizado aumento el peso seco de las plantas sobre las no inoculadas, caso contrario al encontrado en este experimento. Pero en suelo no esterilizado encontró que las plantas inoculadas fué mejor que los testigos no inoculados, lo cual esta de acuerdo con nuestros resultados, ya que el testigo fué el más bajo.

4.- Desplazamiento de raíz.

Según el análisis de varianza los resultados que se obtuvieron fueron altamente significativos, lo cual como ya se indicó anteriormente, demuestran que hay diferencias entre los tratamientos probados.

En este parámetro el tratamiento que obtuvo el mejor promedio fué el 8, siendo estadísticamente igual al tratamiento 7, que tienen como factor diferente la adición de la micorriza, pero

además este último es estadísticamente igual a los tratamientos 5 y 6.

Por otra parte, los datos nos muestran que no existen diferencias estadísticas en las medias del testigo con respecto a los tratamientos 2, 3 y 4, que crecieron en suelo no esterilizado.

Como ya se mencionó en el otro experimento, no existen trabajos que evalúen el desplazamiento de raíz. Pero además de las características mencionadas en el otro suelo, también se obtiene una mayor longitud de raíz, en el porcentaje de colonización y todas aquellas variables inherentes a la raíz en este tipo de experimento.

5.- Porcentaje de infección micorrízica.

En lo concerniente a este parámetro, el análisis de varianza nos mostró que los resultados obtenidos fueron altamente significativos.

En lo que se refiere a la comparación de medias, el mejor promedio se obtuvo en el tratamiento 6, seguido por el tratamiento 8 siendo estadísticamente igual a los tratamientos 4 y 2. Dentro de los tratamientos no infectados los peores fueron los tratamientos 5 y 7 que no presentaron infección (0%) y que fueron esterilizados. Esto concuerda con los resultados obtenidos por varios investigadores (Krishna y Bagyaraj, 1984; Gianinazzi *et al.* 1989; Hetrick y Wilson, 1991), siendo inferiores al testigo el cual no fué esterilizado, lo cual aquí se comprueba la presencia de la micorriza nativa, que no fué muy efectiva o infectiva (ver Abbott y Robson, 1981), aunque cabe hacer mención que el porcentaje de

infección fué bajo, fluctuando del 0 al 58.8%, se obtuvieron resultados aceptables para su desarrollo (Fig. 10).

Cuadro No. 4.- Comparación de medias de % de infección micorrízica, % de fósforo e índice de eficiencia micorrízica en plantas de chile en suelo de Tepetzotlán.

TRAT	% INF MICO	% P PLANTA	I. E. M.
1	13.06 C	0.08 E	0.00 D
2	39.57 B	0.34 C	0.60 D
3	15.59 C	0.17 D	3.95 CD
4	40.01 B	0.30 C	8.62 C
5	00.00 D	0.18 D	31.75 A
6	58.40 A	0.55 A	24.60 B
7	00.00 D	0.22 D	27.68 AB
8	48.40 B	0.44 B	29.68 AB
C.V.	34.53	28.43	33.41
sig	**	**	**

6.- Número de flores.

En este parámetro no se realizó el análisis de varianza porque no todas las unidades experimentales presentaron resultados, pero por el contrario en la gráfica 13, se nota que el único tratamiento que no presenta flores es el testigo, siendo el tratamiento 7 el que tuvo mayor número de flores seguido del tratamiento 5, que crecieron en suelo esterilizado y no fueron inoculados.

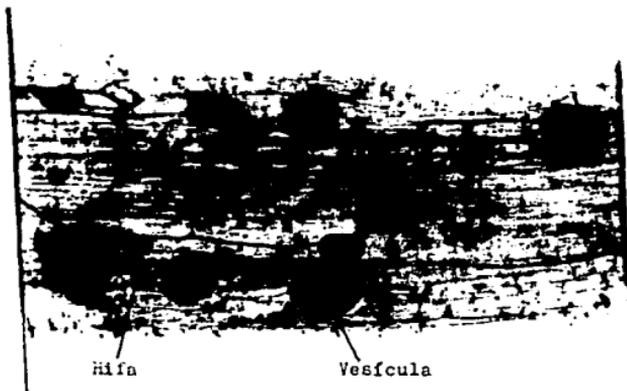


Fig. 10. Raíz de la planta de chile infectada con
la micorriza Glomus fasciculatum.

Por otra parte, de acuerdo con varios autores (Bagyaraj y Sreeramulu, 1982; Young *et al.*, 1986) los tratamientos inoculados tuvieron mayor número de flores que el testigo. Además, dentro de los tratamientos que se desarrollaron en suelo no esterilizado, el que mejor respondió fué el 4 que se inoculó y se fertilizó, lo que nos indica la ventaja que puede tener la micorriza más la adición del fertilizante.

7.- Número de frutos.

De acuerdo a la gráfica No. 13 se nota que se sigue el mismo patrón en la variable anterior, es decir, el tratamiento que tuvo más frutos fué el 7 seguido por el 5 y 4. Pero de acuerdo a Davis y Linderman (1990) las plantas inoculadas tuvieron mayor número de frutos que el testigo.

8.- Rendimiento de plantas.

En lo que se refiere a este parámetro la estimación se presenta en la gráfica No.13 y nos muestra la misma tendencia que las dos últimas variables.

Aunque los resultados encontrados contrastan de alguna manera a los obtenidos por Bagyaraj y Sreeramulu (1982) y Young *et al.* (1986), ya que aunque los tratamientos inoculados producen más que el testigo, estos a su vez son menores que el tratamiento 7 el cual no es inoculado, pero que se puede explicar que la total eliminación de los microorganismos del suelo ayudan a tener una mejor respuesta de la planta.

9.- Porcentaje de Fósforo total en la planta.

Al igual que los resultados obtenidos por Bagyaraj y Sreeramulu (1982) y Gupta y Janardhanan (1991) los nuestros fueron altamente significativos.

El mejor promedio lo obtuvo el tratamiento 6 seguido por el 8, que crecieron en suelo esterilizado, se notó que los tratamientos inoculados tuvieron mayor P que los no inoculados, lo mismo que Krishna y Bagyaraj (1984), en suelo esterilizado y en no esterilizado. El testigo tuvo el promedio más bajo en el tratamiento.

10.- Índice de eficiencia micorrízica.

En esta variable los resultados obtenidos fueron altamente significativos y concuerdan con los obtenidos por Ortuño *et al.* (1992).

De acuerdo a la prueba de medias el mejor promedio fue el del tratamiento 5, pero estadísticamente igual a los tratamientos 8 y 7, y estos a su vez iguales al tratamiento 6. El testigo presentó el promedio más bajo. Se nota que los tratamientos que tuvieron mejores resultados crecieron en suelo esterilizado, y nos demuestra la importancia de esta en el desarrollo de las plantas.

11.- Correlaciones.

En este suelo, casi todas las variables presentaron una excelente correlación, solo excepto por las variables del porcentaje de infección micorrízica y el porcentaje de P total en la planta (ANEXO 2); esto es, que no existió correlación entre estas 2

variables y las otras variables. Pero si existio correlación entre las 2 variables ya mencionadas.

Ahondando más en los resultados obtenidos se observa que de acuerdo a varios autores (Young *et al.*, 1986; Arinez *et al.*, 1988) se encontró que la respuesta de la micorriza difiere con el tipo de suelo, ya que en este trabajo la inoculación con la VAM *Glomus fasciculatum* fue mejor en el suelo de Tepotzotlán que en el de Tres Marias. Además de que la altura de las plantas fue muy superior en el primer suelo, y en el segundo suelo se vio que las plantas inoculadas crecieron más que aquellas no inoculadas.

Un eventual efecto sinérgico de otros microorganismos del suelo puede explicar el mejor desarrollo de la infección en los tratamientos no esterilizados en ambos suelos.

El-Atrash *et al.* (1989) menciona que un efecto sinérgico entre los hongos nativos y seleccionados pueden acrecentar el crecimiento de la planta; esto concuerda con los resultados obtenidos en ambos suelos, que nos muestran que en el suelo no esterilizado se desarrollan mejor las plantas inoculadas que las no inoculadas.

Los bajos niveles de infección micorrizica encontrados en ambos suelos puede deberse a varios factores, entre los que destacan la edad de la planta, desarrollo del hongo, dependencia micorrizal, infectividad y efectividad de la micorriza.

Por otro lado también se encuentra muy bien documentado que la micorriza se desempeña muy bien a diferentes valores de pH (Graw, 1979; Hayman y Tavares, 1985). Los resultados muestran que *Glomus fasciculatum* posee una amplia tolerancia al pH, lo cual es consistente con los suelos.

Estas observaciones confirman lo encontrado por Harley y Smith (1983) de que el papel de la VAM en el desarrollo hospedero-planta no está restringido a un simple efecto de la disponibilidad de P, sino es influenciado por otros factores.

Otro factor importante que tuvo gran repercusión en el desarrollo de las plantas en los experimentos es la esterilización del suelo (Haas *et al.*, 1987; Middleton *et al.*, 1989), la cual tuvo su efecto más benéfico en el suelo de Tepetzotlán, ya que todos los tratamientos se desarrollaron mejor en el suelo esterilizado que en el suelo natural o no esterilizado. En cambio en el suelo de Tres Marías no se nota tanto este efecto, pues solo las plantas inoculadas se desarrollaron bien, lo cual indica que con la esterilización se logró la erradicación total de microorganismos.

Los hongos VAM en un suelo dado no están necesariamente adaptados para su máxima habilidad para acrecentar el desarrollo de la planta (Haas *et al.*, 1987).

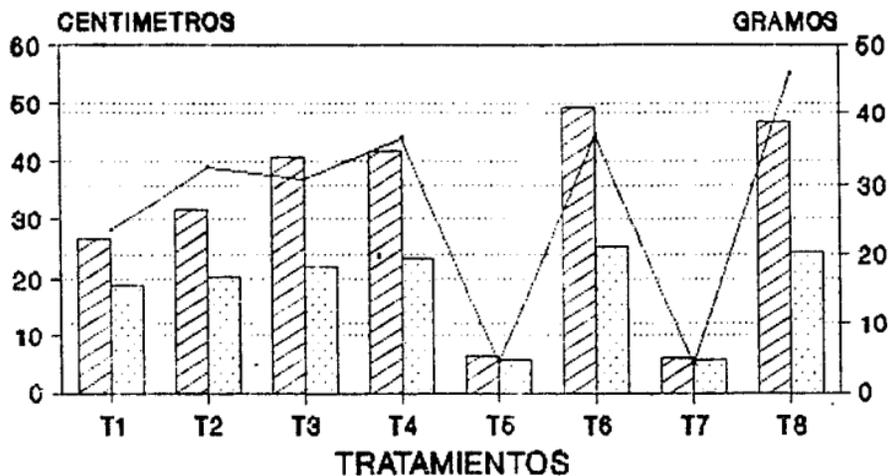
Las plantas inoculadas mostraron mayor porcentaje de infección de raíz comparadas a las plantas no inoculadas. Tal incremento en la infección micorrizal debido al endófito introducido presentó su superioridad en términos de eficiencia sobre las cepas nativas.

En lo que concierne al otro factor estudiado, la esterilización, existen una gran cantidad de trabajos realizados sobre este tema (Hirrel y Gerdemann, 1980; Scheltema *et al.*, 1985; Hartmond, 1987; Ikram *et al.*, 1987; Arinez *et al.*, 1988; Waterer y Coltman, 1988; Kothari *et al.*, 1991), y se encuentra un gradiente a favor de la fertilización. Pero cabe hacer mención que de manera general, las investigaciones se realizan sobre el efecto de la fertilización fosfatada, no de una fertilización completa.

Y aquí se notó que los resultados son muy disímboles, pues en varias variables los tratamientos fertilizados respondieron mejor que los no fertilizados y viceversa.

De lo cual se deduce que esto no se puede analizar de forma aislada y que la respuesta micorrizal no se puede explicar por un solo factor, sino que esta determinado por una gran variedad de interacciones fisiológicas, y bioquímicas, etc. y de las características inherentes a la planta.

EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION CON VAM EN PLANTAS DE CHILE



TRES MARIAS

— ALTURA DE PLANTA

▨ PESO FRESCO

▤ PESO SECO

Fig. 1. ALTURA DE PLANTA, PESO FRESCO Y PESO SECO EN SUELO DE TRES MARIAS.

EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION CON VAM EN PLANTAS DE CHILE

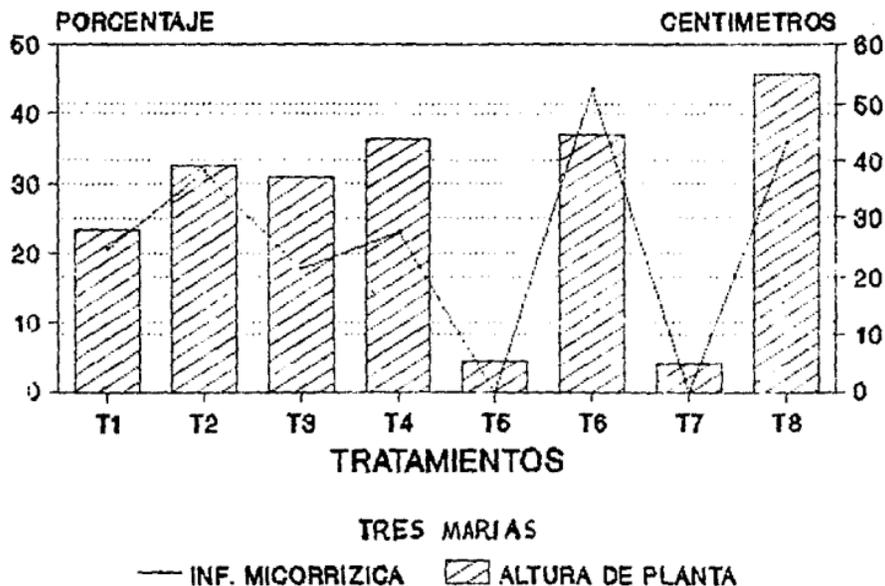
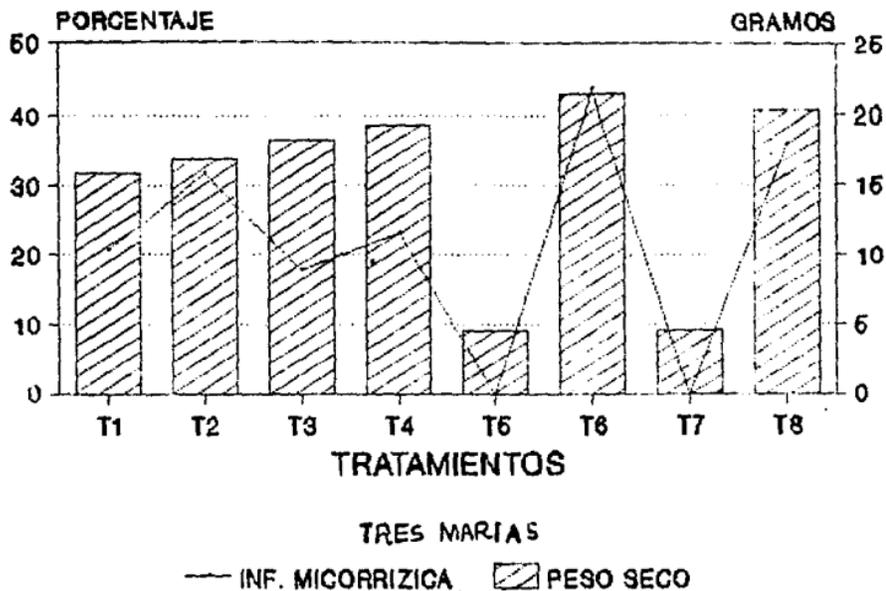


GRÁFICO 1. INFECCION MICORRIZICA Y ALTURA DE PLANTA EN SUELO DE
TRES MARIAS.

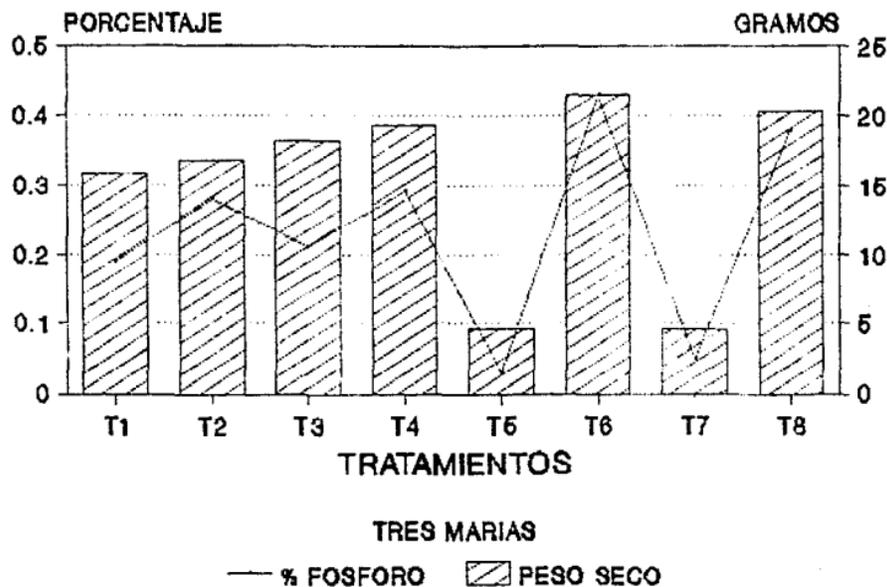
EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION CON VAM EN PLANTAS DE CHILE

73



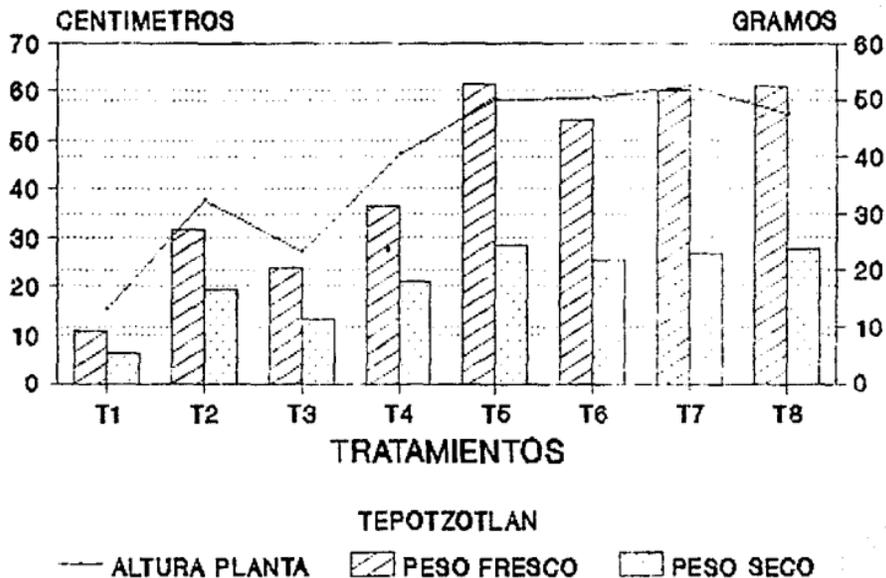
5045.5. INFECCION MICORRIZICA Y PESO SECO EN SUELO DE TRES MARIAS

EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION CON VAM EN PLANTAS DE CHILE



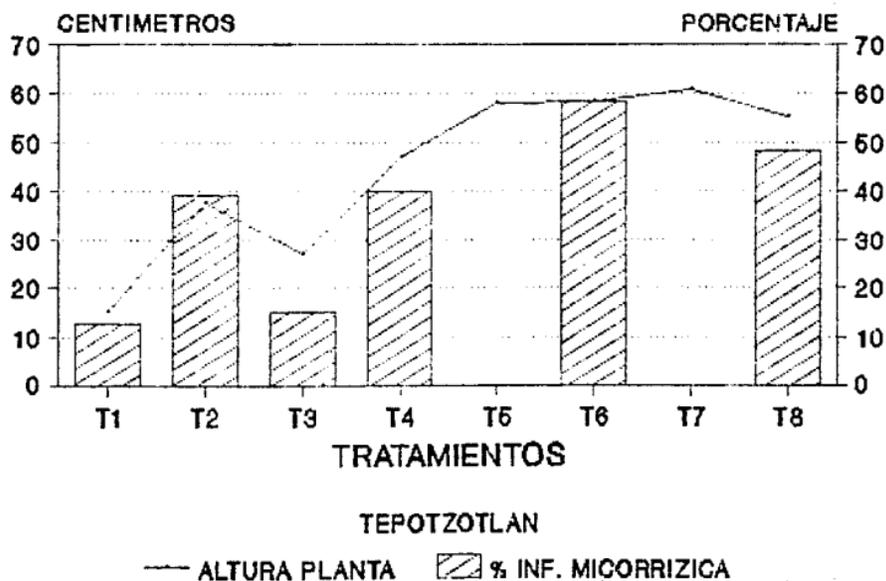
GRAF. 4. % DE FOSFORO Y PESO SECO EN SUELO DE TRES MARIAS.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



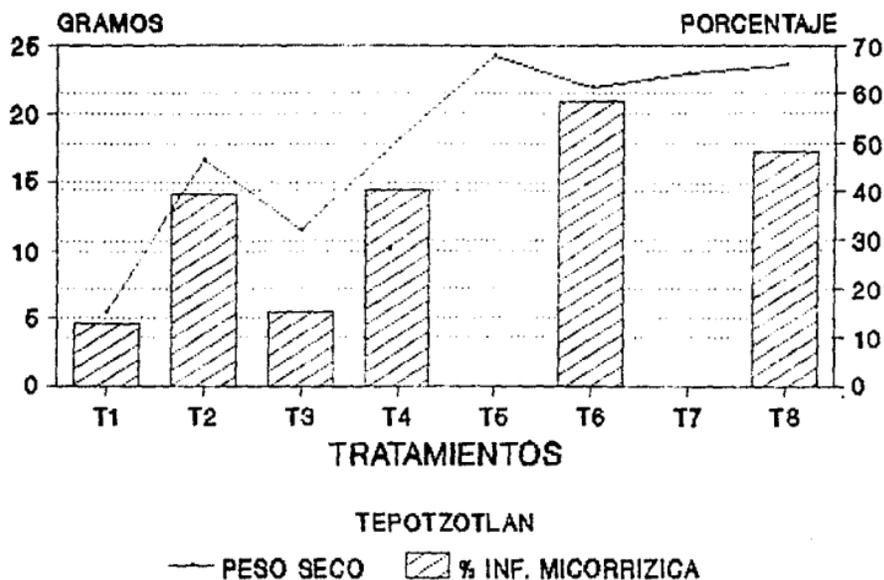
GRAF. 5. ALTURA DE PLANTA, PESO FRESCO Y PESO SECO EN SUELO DE TEPOTZOTLAN.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



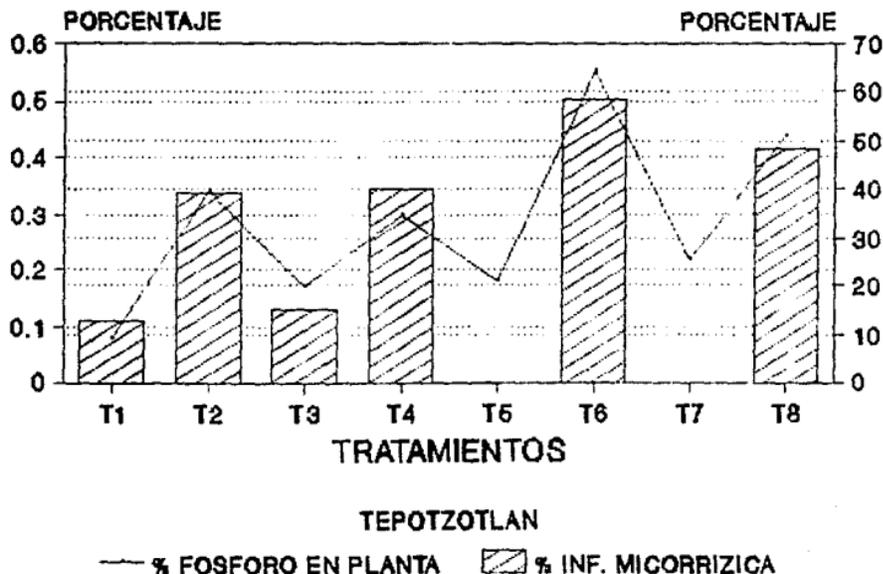
GRAF. 6. ALTURA DE PLANTA Y % DE INFECCION MICORRIZICA EN SUELO DE TEPOTZOTLAN.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



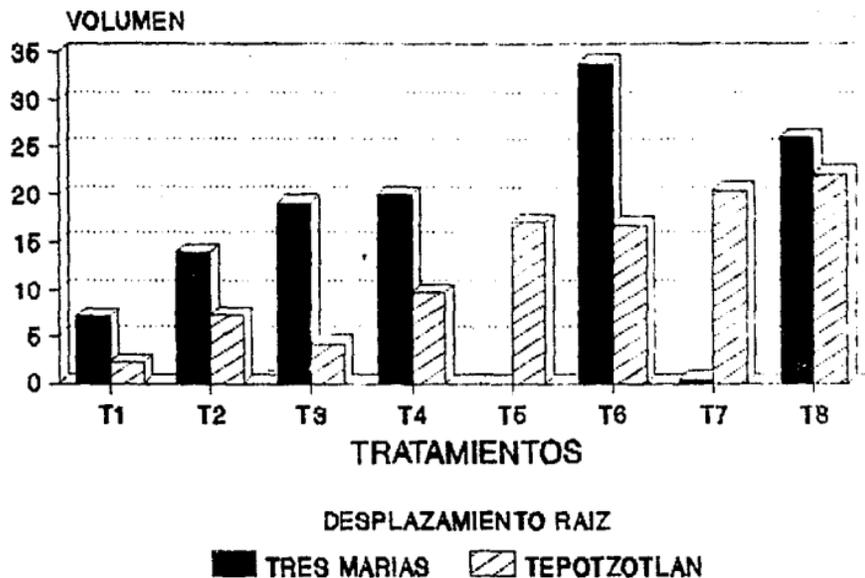
GRAF. 7. PESO SECO Y % DE INFECCION MICORRIZICA EN SUELO DE TEPOTZOTLAN.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



GRAF. 2. % DE FOSFORO Y % DE INFECCION MICORRIZICA EN SUELO DE TEPOTZOTLAN.

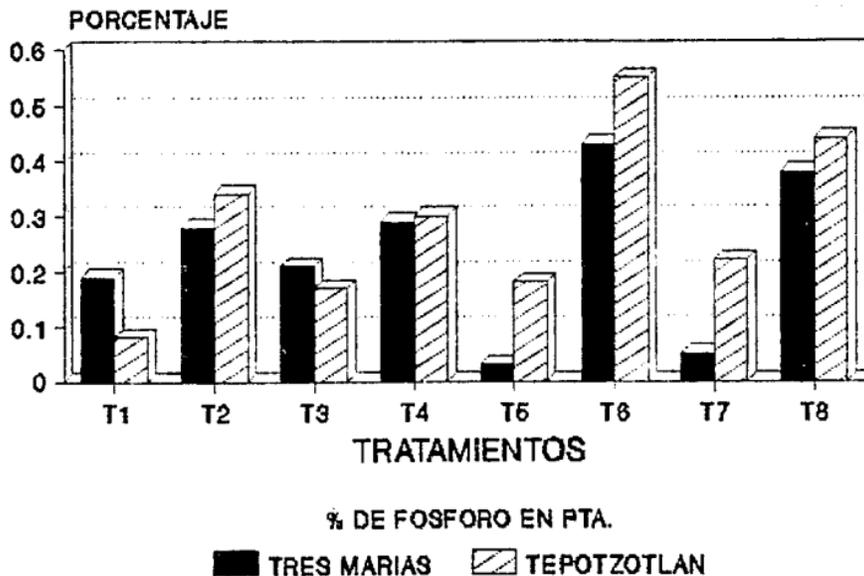
EFFECTO DE LA INOCULACION Y FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



GRAF. 4. DESPLAZAMIENTO DE RAIZ EN TRES MARIAS Y TEPOTZOTLAN.

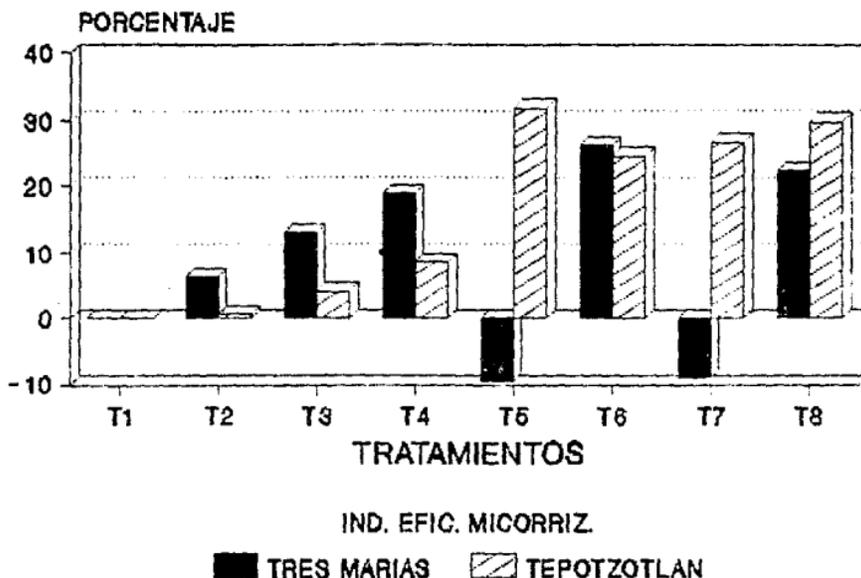
79
 CON LA AYUDA DE LA ESCUELA
 DE LA ESCUELA

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



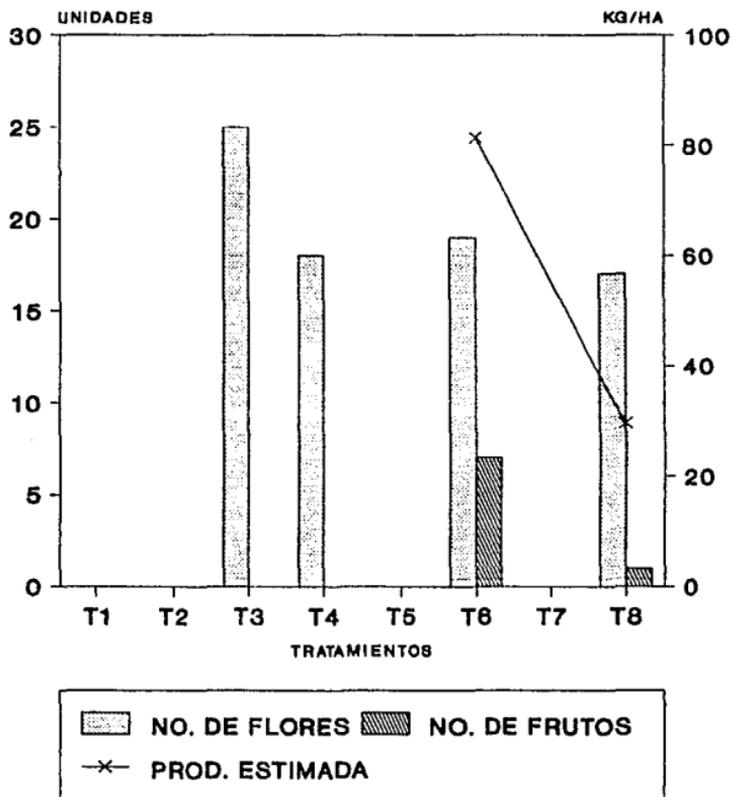
GRAF. 10. % DE FOSFORO EN TRES MARIAS Y TEPOTZOTLAN.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



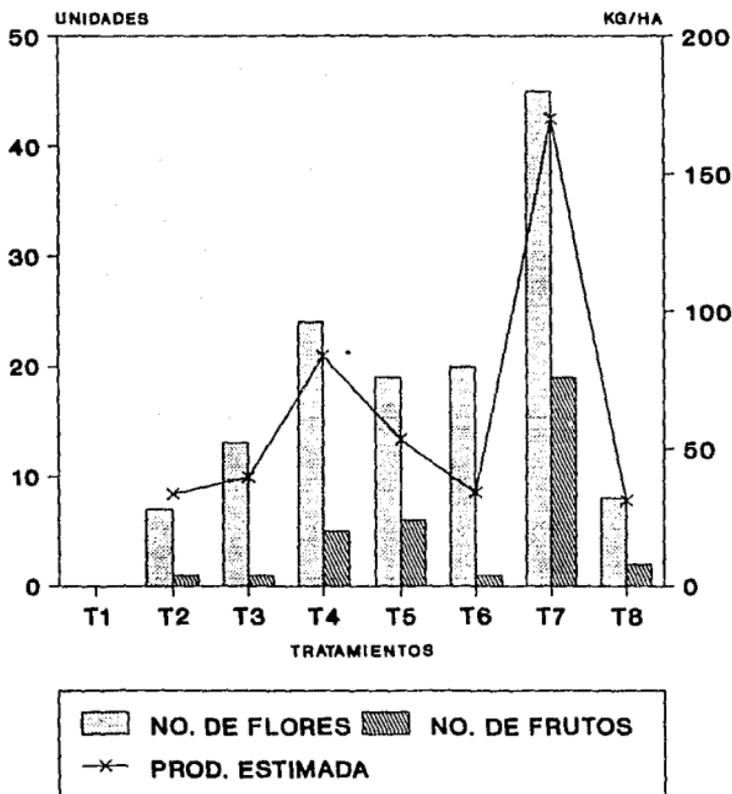
GRAF. 11. INDICE DE EFICIENCIA MICORRIZICA EN TRES MARIAS Y TEPOTZOTLAN.

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



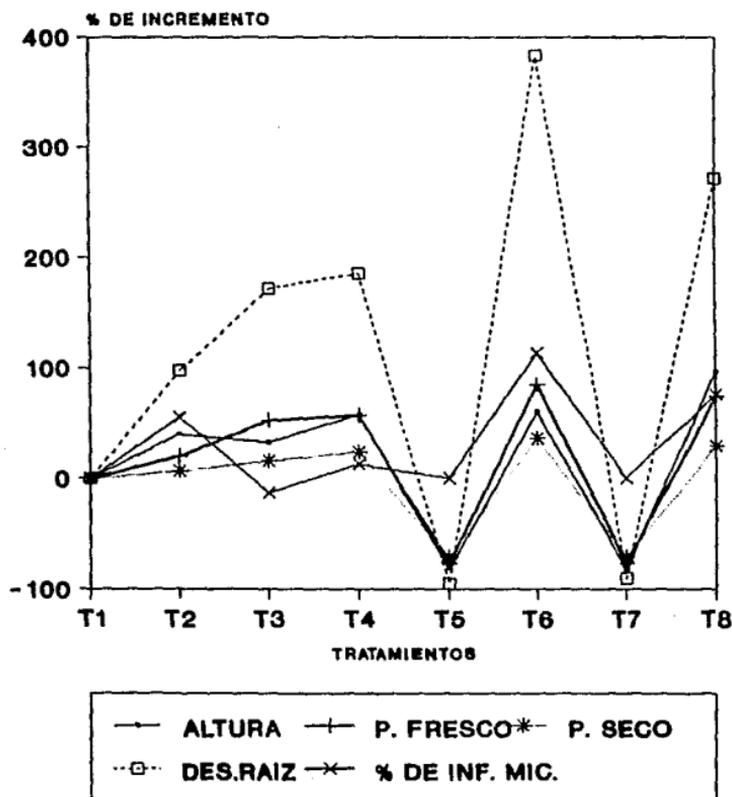
GRAFICA 12 No. DE FLORES, FRUTOS Y PROD. EN TRES MARIAS

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



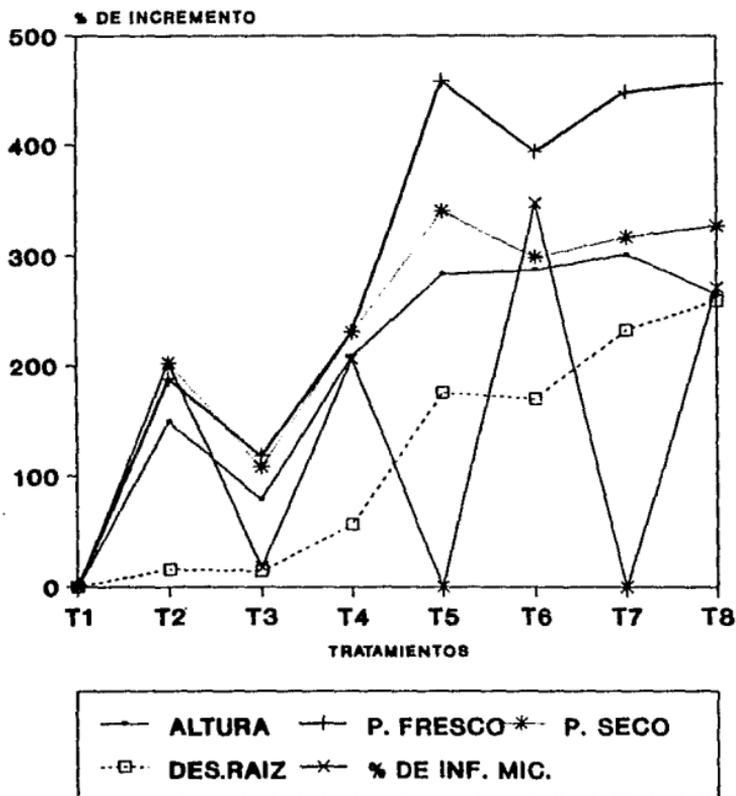
GRAFICA 19 No. DE FLORES, FRUTOS Y PROD. EN TEPOTZOTLAN

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



GRAFICA 14 % DE INC. CON RESPECTO AL TESTIGO EN TRES MARIAS

EFFECTO DE LA INOCULACION CON MVA Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL CHILE



GRAFICA 15 % DE INC. CON RESPECO AL TESTIGO EN TEPOTZOTLAN

VI. CONCLUSIONES

- Las plantas, de una manera general, crecieron mejor en el suelo de Tepetzotlán que en el de Tres Marías.
- La esterilización del suelo afectó de distinta manera a los experimentos, mientras que en Tepetzotlán las plantas se desarrollaron bien en el suelo esterilizado, en Tres Marías se desarrollaron mejor en el suelo no esterilizado.
- Casi no existió interacción entre la inoculación y la fertilización en el suelo esterilizado de Tepetzotlán.
- La infección micorrizal fue más alta en el suelo de Tepetzotlán que en el de Tres Marías.
- En ambos experimentos las plantas inoculadas se desarrollaron mejor que las no inoculadas, sobre todo en el suelo no esterilizado.
- Las plantas inoculadas y fertilizadas se desarrollaron mejor que las plantas no inoculadas y fertilizadas.
- Existe un efecto sinérgico entre la fertilización y la inoculación en ambos suelos.

BIBLIOGRAFIA.

- ABBOTT,L.K. Y ROBSON,A.D. (1981). Infectivity and effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: effect of inoculum type. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32:631-639.
- ABBOTT,L.K. Y ROBSON,A.D. (1982). The role of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agriculture and the selection of Fungi for Inoculation. *Australian Journal Agricultural Research*, 33:389-408.
- ABBOTT,L.K. Y ROBSON,A.D. (1985). The effect of soil pH on the formation of VA mycorrhizas by two species of *Glomus*. *Aust. Jour. Soil Res.* 23:253-261.
- ACEVEDO,O.A.S. (1990). Efecto de las micorrizas en la producción forestal. Facultad de Ciencias. Edafología. UNAM.
- ADHOLEYA,A. Y CHEEMA,G.S. (1990). Evaluation of VA mycorrhizal inoculation in micropropagated *Populus deltoides* Marsh. clones. *Current Science* 59(23):1244-1247.
- AFEKA.,RINALDELLI,E.,MENGE,J.A. Y JOHNSON,E.L. (1989). The effect of root age and position of mycorrhizal inoculum on colonization of cotton, onion and pepper. *Phytopathology*, 79:1138 (Abstract).
- AFEKA., RINALDELLI,E., MENGE,J.A., JOHNSON,E.L. Y PONDE,E. (1990). Mycorrhizal species, root age, and position of mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(6):938-942.
- ALMEIDA,R.T. Y SCHENCK,N.C. (1990). A revision of the Genus *Sclerocystis* (Glomaceae,Glomales). *Mycologia*, 82(6):703-714.
- ALWS,D.P. Y ABEYNAYAKE,K. (1980). A survey of mycorrhiza in some forest trees of Sri Lanka. En: *Tropical mycorrhizal research* (Mikola,P. eds). pp 146-153
- AMES,N.R. (1987). Mycorrhizosphere morphology and microbiology. 7 NACOM Gainesville, Florida.
- ANDERSON,J.A. (1988). Mycorrhizae-Host specificity and recognition. *Phytopathology*, 78(3):375-378.
- ANTUNES,V. Y CARDOSO,E.J.B.N. (1991). Growth and nutrient of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. *Plant and Soil*, 131:11-19.
- ARINES,J.,VILARINO,A. Y SAINZ,M. (1988). Fine and coarse mycorrhizal fungi on red clover plants in acid soils: Root colonization and plant responses. *Plant and Soils*, 111:135-145.
- AZCON,R. Y OCAMPO,J.A. (1981) Factors affecting the vesicular arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytologist*, 87:677-685.

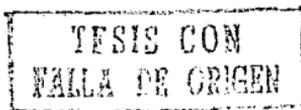
- AZCON-AGUILAR,C. Y BAREA,J.M. (1985). Effect of soil micro-organisms on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 84(3):536-537.
- AZCON-AGUILAR,C., BAREA,J.M., AZCON,R. Y DIAZ-RODRIGUEZ,R.M. (1986). Assessment of field situations for the feasibility of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation, using a forage legume as test plant. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 15:241-252.
- BAASR. (1989) Physiological effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in relation to the internal P concentration in *Plantago major* ssp *pleioisperma*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 29:17-21.
- BAGYARAJ,D.J. Y SREERAMLUK,R. (1982). Preinoculation with VA mycorrhiza improves growth and yield of chilli transplanted in the field and saves phosphatic fertilizer. *Plant and Soil*, 69:375-381.
- BALANDREAU,J. Y KNOWLES,R. (1978). The rhizosphere. En: *Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plant.* (Y.R. Domergues y S.V. Krupa Ed.) pp 242-248. Elseviers, Amsterdam.
- BAREA,J.M. Y AZCON-AGUILAR,C. (1982a). Interacciones between mycorrhizal fungi and soil microorganisms. En: *Les Mycorrhizas: Biologie et utilization* (Les Colloques de l' INRA, No.13). Dijon, France. pp 181-193.
- BAREA,J.M. Y AZCON-AGUILAR,C. (1982b). La rizósfera: interacciones microbio-planta. *Ann. Edaf. Agrobiol.* XLI (7-8):1517-1532.
- BAREA,J.M. Y AZCON-AGUILAR,C. (1982c). Production of plant growth-regulating substancias by the vesicular-arbuscular mycorrhizal *Glomus mosseae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 43:810-813.
- BERCH,S.M. (1987). Taxonomía de los hongos micorrícicos vesículo-arbusculares agrícolas. *Rev. Mex. de Fitopatología* 5(2):137-149.
- BEVEGE,D.T. Y BOWEN,G.D. (1975). Endogone strain y host plant differences in development of vesicular-arbuscular mycorrhizas. En: *Endomycorrhizas* (Sanders,F.E., Mosse,B. y Tinker, P.B.Eds.). Academic Press. London. pp 77-86.
- BONFANTE-FASOLO,P. (1984). Anatomy y Morphology of VA Mycorrhizae. En: *VA Mycorrhiza* (Powell,C.L. y Bagyaraj,D.J., Eds.). CRC Press. Florida. pp 6-33.
- BRECHTEL,A. (1989). Effect of different organic manures on the efficiency of VA mycorrhiza. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:55-58.
- BROWN,M.F. Y KING,E.J. (1982). Morphology and histology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. A. Anatomy and citology. En: *Methods and principles of Mycorrhizal Research* (Schenck,N.C., Ed.). American Phytopathological Society. St. Paul. pp 15-21.
- BRUEHL,G.W. (1987). *Soilborne Plant Pathogens.* Macmillan Publishing Company. New York.



- BRUEHL,G.W. (1989). Integrated control of soilborne plant pathogens:An overview. Can. J. Plant Pathol. 11:153-157.
- CARLING,D.E. Y BROWN,M.F. (1982). Anatomy and Physiology of Vesicular and Nonmycorrhizal Roots. Phytopathology. 72(8):1108-1114.
- CARON,M. (1989). Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. Can. J. Plant Pathol. 11:177-179.
- CARON,M,FORTIN,J.A. Y RICHARD,C. (1985). Influence of substrate on the interaction of *Glomus intraradices* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radycis-lycopersici* on tomatoes. Plant and Soil. 87:233-239.
- CHAMPAWAT,R.S,PATHAK,V.N. Y KRISHNA,K.R. (1987). Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrition uptake in barley (*Hordeum vulgare*). Current Science. 56(24):1294-1295.
- COX,G,MORAN,K.J.,SANDERS,F.E.,NOCKHOLDS,C. Y TINKER,P.B. (1980). Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizae. II. Polyphosphate granules and phosphorus translocation. New Phytologist. 84:649-659.
- COX,G. Y SANDERS,F.E. (1974). Ultrastructure of the host fungus interface in vesicular-arbuscular mycorrhizal. New Phytologist. 73:901-912.
- COX,G. Y TINKER,P.B. (1976). Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. The arbuscule and phosphorus transfer: A quantitative ultrastructural study. New Phytol. 77:371-378.
- CURL,A. Y TRUELOVE,B. (1986). The rhizosphere. Advanced Series in Agricultural Sciences. 15. Springer-Verlag. Berlin.
- DAKESSIAN,S,BROWN,M.S. Y BETHLENFALVAY,G.J. (1986). Relationship of mycorrhizal growth enhancement and plant growth with soil water and texture. Plant and Soil. 94:439-443.
- DARBYSSHRE,J.F. Y GREAVES,M.P. (1973). Bacteria and protozoa in the rhizosphere. Pest Sci. 4:349-360.
- DAVIES,F.T.,CASTRO-JIMENEZ,Y. Y DURAY,S.A. (1987). Mycorrhizae,Soil Amendments, Water relations and Growth of *Rosa multiflora* under reduced irrigation regimes. Scientia Horticulturae. 33:261-267.
- DAVIES,F.T. Y LINDERMAN,R.G. (1991). Short term effects of phosphorus and VA-mycorrhizal fungi on nutrition, growth and development of *Capsicum annum* L. Scientia Horticulturae. 45:333-338.
- DIXON,R.K. (1989). Cytokinin activity in *Citrus jambhiri* seedlings colonized by mycorrhizal fungi. Agric. Ecosys. and Environ. 29:103-106.
- DIXON,R.K.,GARRETT,H.E. Y COX,G.S. (1986). Carbohydrate relationships of *Citrus jambhiri* inoculated with *Glomus fasciculatum*. Journal Amer. Soc. Hort. Sci. 113(2):239-242.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

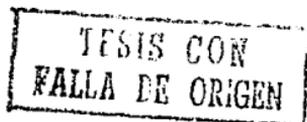
- DOMMERGUES, Y.R. (1978). The plant-microorganisms system. En: Interactions between non-pathogenic soil microorganism and plant. (Y.R. Dommergues y S.V. Krupta Eds.) pp 1-38. Elseviers, Amsterdam.
- DUIN, W.E. van, ROZEMA, J. Y ERNST, W.H.O. (1989). Seasonal and spatial variation in the occurrence of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza in salt marsh plants. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:107-110.
- EL-ATRASH, F., BARKOUDAH, Y. Y AZCON, R. (1989). Interaction between introduced and indigenous VAM fungal species in Syrian soils. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:115-121.
- ESPINOSA, A.D. (1978). Estudio de la rizósfera de algunas gramíneas silvestres del Estado de Veracruz. Tesis UNAM (QFB). México.
- FERRAN, J.L. (1975). *Horticultura Actual*. Ed. Aedos. Barcelona.
- FERRERA-CERRATO, R. (1967). La endomicorriza (V-A) en la producción agrícola, frutícola y forestal. *Rev. Mex. de Fitopatología.* 5(2):150-158.
- FERRERA-CERRATO, R. (1989). Rizósfera. En: *Ecología de la raíz*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. (Ronald Ferrera-Cerrato ed.). pp 1-21. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- FERRERA-CERRATO, R., JAEND, D.C. Y REYES, M.G.S. (1988). Metodología para el manejo de la de la endomicorriza vesículo-arbuscular en la producción agrícola y frutícola. Publicación de la sección de Microbiología, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. pp 1-63.
- FITTER, A.H. (1988). Functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas under field conditions. *New Phytol.* 99:257-265.
- FOSTER, R.C. (1986). The ultrastructure of the Rhizoplane and Rhizosphere. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:211-234.
- FRIESE, C.F. Y ALLEN, M.F. (1991). The spread of V-A mycorrhizal fungal hyphae in the soil: inoculum types and external hyphal architecture. *Mycologia.* 83(4):409-418.
- FRIESE, C.F. Y ALLEN, M.F. (1991). Tracking the fates of exotic and local VA mycorrhizal fungi: methods and patterns. *Agric. Ecosys. and Environ.* 34:87-96.
- GARCIA, C.M.T. (1987). Ecología de las raíces. *Rev. Mex. de Fitopatología.* 5:128-136.
- GERDEMANN, J.W. Y TRAPPE, J.M. (1974). Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memor.* 5:1-76.
- GERDEMANN, J.W. Y TRAPPE, J.M. (1975). Taxonomy of the Endogonaceae. En: *Endomycorrhizae* (F.E. Sanders, B. Mosse y P.S. Tinker, eds.). pp 33-51.



- GIANINAZZI,S.,TROUVELOT,A. Y GIANINAZZI-PEARSON,V. (1989). Conceptual approaches for the rational use of VA Endomycorrhizae in Agriculture: Possibilities and limitations. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:153-161.
- GIANINAZZI-PEARSON,V. Y GIANINAZZI,S. (1983). The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil.* 71:197-209.
- GIANINAZZI-PEARSON,V., SMITH,S.E., GIANINAZZI,S. Y SMITH,F.A. (1991). Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhizas. V. Is H-ATPase a component of ATP-hydrolyzing enzyme activities in plant-fungus interfaces? *New Phytol.* 117:61-74.
- GIDDENS,J. Y TODD,R.L. (1984). Rhizosphere Microorganism. -Overview. En: *Microbial-Plant Interactions* (Todd,R.L. y Giddens,J.E,Eds.). ASA Special Publication No. 47.
- GIOVANNETTI,M. Y HEPPEL,C.M. (1985). Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in *Hedysarum coronarium* and *Onobrychis viscariaefolia*: Host-endophyte specificity. *Soil Biology and Biochemistry.* 17(16):899-900.
- GONZALEZ,M.C.A.C. (1989). Principios de taxonomía de la Endomicorriza V-A. En: *Ecología de la Raíz.* SMF. (Ferrera-Cerrato,R,eds) pp 57-84.
- GRAHAM,J.H. Y MENGE,J.A. (1982). Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil phosphorus on Take-all disease of wheat. *Phytopathology.* 72:95-98.
- GRAY,D. (1979). The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 82:687-695.
- GRUNEWALDT-STOCKER,G. (1989). Microscopic characterization of VAM-fungal structures on expanded clay por inoculum production. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:179-182.
- GUANTOS,T.G. (1984). Incidencia de enfermedades en 34 líneas y una variedad de chile ancho en la localidad de María, Nuevo León. Tesis UACH (Ing. Agrónomo). Chapingo. México.
- GUPTA,M.L. Y JANARDHANAN,K.K. (1991). Mycorrhizal association of *Glomus aggregatum* with palmarosa enhances growth and biomass. *Plant and Soil.* 131:261-263.
- HAAS,J.H.,BAR-TAL,A.,BAR-YOSEF,B. Y KRIKUN,J. (1986). Nutrient availability effects on vesicular-arbuscular mycorrhizal bell pepper (*Capsicum annuum*) seedlings and transplants. *Ann. Appl. Biol.* 108:171-179.
- HAAS,J.H., BAR-YOSEF,B., KRIKUN,J., BARAK,R., MARKOVITZ,T. Y KRAMER,S. (1987). Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus infestation and Phosphorus fertigation to overcome pepper stunting after methyl bromide fumigation. *Agronomy Journal.* 79:905-910.



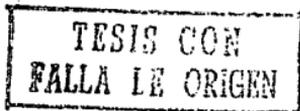
- HAAS, J.H. Y KRIKUN, J. (1985). Efficacy of endomycorrhizal-fungus isolates and inoculum quantities required for growth response. *New Phytol.* 100:613-621.
- HARLEY, J.L. Y SMITH, S.F. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- HARTMOND, J., SCHAESBERG, N.V., GRAHAM, J.H. Y SYVERSTON, J.P. (1987). Salinity and flooding stress effects on mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus rootstock seedling. *Plant and Soil*. 104:37-43.
- HAYMAN, D.S. (1974). Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VI. Effect of light and temperature. *New Phytol.* 73:71-80.
- HAYMAN, D.S. (1980). Mycorrhizae and production of crops. *Nature*. 287:487-488.
- HAYMAN, D.S. (1981). Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizae and plant disease research. *Phytol.* 72:1119-1125.
- HAYMAN, D.S. (1982). Influence of soils and fertility and survival of Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Phytopathology*. 72(8):1119-1125.
- HAYMAN, D.S. (1984). Methods for Evaluating and Manipulating of Vesicular-arbuscular Mycorrhiza. En: *Microbiological Methods for Environmental Biotechnology*, Society for Applied Bacteriology. (J.M. Grainger y J.M. Lynch, eds.), pp 95-117.
- HAYMAN, D.S. Y TAVARES, M. (1985). Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XV. Influence of soil pH on the symbiotic efficiency of different endophytes. *New Phytol.* 100:367-377.
- HETRICK, B.A.D. Y WILSON, G.W.T. (1991). Effects of mycorrhizal fungus species and metalixyl application on microbial suppression of mycorrhizal symbiosis. *Mycologia*. 83(1):97-102.
- HETRICK, B.A.D. Y WILSON, G.W.T. (1990). Relationship of native and introduced mycorrhizal fungi to mycorrhizal dependence of *Andropogon gerardii* and *Koeleria pyramidata*. *Mycologia*. 82(6):779-782.
- HICKS, P.M. Y LOYNACHAN, T.E. (1987). Phosphorus fertilization reduces vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and changes nodule occupancy of field-growth soybean. *Agronomy Journal*. 79:841-844.
- HIRREL, M.C. Y GERDEMANN, J.W. (1980). Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:654-655.
- IKRAMA, MAHMUDA, W. Y NAPI, D. (1987). Effects of P-fertilization and inoculation by two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nodulation of *Catopogantum caeruleum*. *Plant and Soil*. 104:195-207.



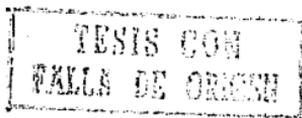
- ILOBAC, C. (1977). The effect of trigluralin on the formation of ectotrophic mycorrhiza in some pines species. I. Toxicity to mycorrhizal forming fungi. *J. For. Pathol.* 7:47-51.
- JAEN D.C. (1988). Ecología y aplicación de los hongos endomicorrizicos V-A en la producción agrícola. *Ecología de la Raíz.* (Ferrera-Carrato R.ed.) pp 22-56.
- JANOS, D.P. (1984). Methods for vesicular arbuscular mycorrhiza research in the lowland wet tropics. En: *Physiological ecology of plants of the wet tropics (tasks for vegetation science 12)*, Junk, the Hague. (Medina, Mooney y Vázquez yanes, eds.). pp 173-187.
- JENHE, W. (1980). Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: The potential for improvement and it's practical realization tropical grasslands. *14(3):202-209.*
- JENNY, H. (1980). *The Soil Resource. Origin and Behavior.* Spring-Verlag. New York Inc. pp 47-94.
- JHA, D.K., SHARMA, G.D. Y MSHRA, R.R. (1992). Ecology of soil microflora and mycorrhizal symbionts in degraded forest at two altitude. *Biology and Fertility of Soils.* 12:272-278.
- KOUR, S. Y SINGH, D.S. (1988). Response of ricebean to single and combined inoculation with *Rhizobium* and *Glomus* in a P-deficient sterilized soil. *Plant and Soil.* 112:293-295.
- KHAN, A.G. (1974). The occurrence of mycorrhizas in halophytes, hydrophytes of *Endogone* spores in adjacent soil. *J. Gen. Microbiol.* 81:7-14.
- KINDEN, D.A. Y MORTON, F.G. (1975). Electron microscopy of vesicular-arbuscular mycorrhizae of yellow poplar. IV. Host-endophyte interaction. *Can. J. Microbiol.* 22:64-75.
- KOTHARI, S.K., MARSCHNER, H. Y ROMHELD, V. (1991). Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Plant and Soil.* 131:177-185.
- KOTHARI, S.K., MARSCHNER, H. Y ROMHELD, V. (1991). Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere micro-organisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize. *New Phytol.* 117:649-655.
- KRIKUN, J., HAAS, J.H. Y BAR-YOSEF, B. (1987). Use of VA mycorrhizal-fungus inoculum in soils in arid and semi-arid climates: a field study with bell pepper and transplants. *Angewandte Botanik.* 61 (1-2):97-105. (Abstract). *Rev. Plant Phytopathology.* 66(10):438.
- KRIKUN, J., ORION, D., NACHMAS, A. Y REUVENI, R. (1982). The role of soilborne pathogens under conditions of intensive agriculture. *Phytoparasitica.* 10(4):247-258.



- KRISHNAKR, Y BAGYARAJ,D.J. (1984). Growth and nutrient uptake of inoculated with the mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* compared with non-inoculated ones. *Plant and Soil*. 77:405-408.
- LABORDE,J.A. (1983). Presente y pasado del chile en México. SARH-INIA. Mexico.
- LAMBERT,D.H.,COLE,H. Y BAKER,D.E. (1980). Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. *New Phytol.* 85:513-520.
- LANDS,DAUCKH Y von ALTEN,H. (1989). Evaluation of VA-mycorrhizae in diferent agricultural soils. *Agric. Ecoays. and Environ.* 29:217-224.
- LE TACON,F. (1985). Las micorrizas una cooperación entre plantas y hongos. *Rev. Mundo Científico*. 49:776-784.
- LEWIS,D.H. (1973). Concepts in fungal nutrition and the origin of biotrophy. *Biol. Rev.* 48:261-278.
- LINDERMAN,R.G. (1988). Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora:The mycorrhizosphere effect. *Phytol.* 78(3):366-371.
- LOUISJ. (1990). A mycorrhizal survey of plant species colonizing coastal reclaimed land in Singapore. *Mycologia*. 82(6):772-778.
- MAISTRE,J.M. (1969). Las plantas de especies. Ed. Blume. Barcelona.
- MANJUNATHA, Y BAGYARAJ,J.D. (1986). Response of blackgram, chickpea and mungbean to vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation in a unsterile soil. *Tropical Agriculture*. 36(1):33-35.
- MARONEK,D.M.,HENDRIX,J.W. Y KIEMAN,J. (1985). Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. *Horticultural Reviews*. 3:172-213.
- MEYER,F.H. (1973). Distribution of ectomycorrhizae in native and non-made forest. En: *Ectomycorrhizae* (G.C. Marks y T.T. Koslowski,ed.)pp 79-105.
- MIDDLETON,K.J.,BELL,M.J. Y THOMPSON,J.P. (1989). Effects of soil sterilization, inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and cropping history on peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth in an oxisol from subtropical Australian. *Plant and Soil*. 117:41-48.
- MILLER,J.C.,RAJAPASKE,S. Y GARBER,R.K. (1986). Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable crops. *Hortscience*. 21(4):974-984.
- MOAWAD,M. (1979). Ecophysiology of VA mycorrhiza in the tropics. En: *The Soil-Root Interface* (Harley,S.L.,Russell,R.S. eds.). Academic Press. London. pp 197-209.
- MOSER,M. Y HASELWANDTER,K. (1983). Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis. En: *Physiological plant ecology* III. Part C (Lange,O.L.,Nobel,P.S.,Osmond,C.V.,Ziegler,H. y Pringer-Verlag eds.) pp 391-421.



- MOSSE.B. (1975). A microbiologist's view of root anatomy. En: Soil Microbiology (N.Walker ed.). London. pp 36-66.
- MOSSE.B. (1975). Specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: Endomycorrhizas. (Ed. by F.E. Sanders.B. Mosse y P.B. Tinker). Academic Press. London. pp 469-485.
- MOSSE.B. (1981). Vesicular-arbuscular mycorrhizaresearch for tropical agriculture. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii.
- MOSSE.B. Y HAYMAN,D.S. (1971). Plant growth to vesicular-arbuscular mycorrhiza. II. In unsterilized field soils. New Phytol. 70:29-34.
- MURILLO,B.J. (1985). Chile, ají o pimiento: *Capsicum annuum* y otras especies. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
- MUROMTSEV,G.S.,MARSHUNOVA,G.N.,YAKOBI,L.M. (1989). Efficiency of crop inoculation with endomycorrhizal fungi. Agric. Ecosys. and Environ. 29:307-310.
- NICOLSON,T.H. (1967). Vesicular-arbuscular mycorrhiza a universal plant symbiosis. Sci. Progr. Oxford. 55:561-568.
- OCAMPO,J.A. Y HAYMAN,D.S. (1980). Effects of pesticides on mycorrhiza in field-growth barley, maize and potatoes. Trans. Br. Mycol. Soc. 74:413-416.
- OJALA,J.C.,JARRELL,W.M.,MENGE,J.A Y JOHNSON,E.L.V. (1983). Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. Agronomy Journal. 75:255-259.
- ORTUÑO,P.I.,PEDRAZA,E.G. Y PALAMNO,M.R.S. (1992). Respuesta del chile inoculado con dos especies de endomicorizas vesículo-arbusculares al ataque de *Fusarium oxysporum* Speg. y *Rhizoctonia solani* Kann. durante el trasplante bajo condiciones de invernadero. Tesis UNAM (Ing. Agrícola). Cuautitlán, México.
- OWUSU-BENNOAHE Y MOSSE.B. (1979). Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XI. Field inoculation response in barley, lucena and onion. New Phytol. 83:671-679.
- PALACIOS-MAYORGA,S.,SALINAS-CHAPA,C. Y SHIMADA-MIYASAKA,K. (1986). Inoculación en el crecimiento y en la absorción de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.), como respuesta a la micorriza vesículo-arbuscular en un suelo de origen volcánico. Rev. Lat-Amér. Microbiol. 303-311.
- PANG,P.C. Y PAULE,A. (1980). Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on C and N distribution in nodulated fababeans. Can. J. Soil Sci. 60:241-250.
- PEYRONEL,B.,FASSI,B. Y TRAPPE,J.M. (1969). Terminology of mycorrhizal. Mycol. 2:410-411.



- PHILLIPS, J.M. Y HAYMAN, D.S. (1970). Improve procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- PICCINI, D. Y AZCON, R. (1987). Effect of phosphate-solubilizing and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the utilization of Bayovar rock phosphate by alfalfa plants using a sand-vermiculite medium. *Plant and Soil*. 101:45-50.
- POSS, J.A., PONDE, MENGE, J.A. Y JARRELL, W.M. (1985). Effect on salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate. *Plant and Soil*. 88:307-319.
- RAJAPAKSE, S. Y MILLER, Jr. J.C. (1988). Relationship between cowpea root systems and mycorrhizal dependency. *Hortscience*. 23(3):568-570.
- REID, C.P.P. (1974). Factors affecting distribution and growth roots of perennial species. En: *Proceeding of the fifteenth aester school in agriculture science*. University of Nottingham, London. pp 280-295.
- RHODES, L.H. Y GERDEMANN, J.W. (1975). Phosphate uptake zones of mycorrhizal and nonmycorrhizal onions. *New Phytol.* 75:555-561.
- RODRIGUEZ-SUPPO, F. (1982). Fertilizantes. *Nutrición vegetal*. A.G.T. Editor. S.A. México.
- SAFIR, G.R. Y DUNWAY, J.M. (1982). Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* (Schenck N.C., ed.). American Phytopathological Society. St. Paul. pp 69-76.
- SANNI, S.O. (1976). Vesicular-arbuscular mycorrhiza in some Nigerian soils: the effect of *Gigaspora gigantea* on the growth of rice. *New Phytol.* 77:673-674.
- SAXERUD, M.H. Y FUNKE, B.R. (1991). Effects on plant growth of inoculation of stored stripmining topsoil in North Dakota with mycorrhizal fungi contained in native soil. *Plant and Soil*. 131:135-141.
- SCHELTEMA, M.A., ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. Y DE'ATH, G. (1985). The spread of *Glomus fasciculatum* throug roots of *Trifolium subterraneum* and *Lolium rigidum*. *New Phytol.* 100:105-114.
- SCHENCK, N.C., GRAHAM, S.O. Y GREEN, N.E. (1975). Temperature and lighth effects on contamination and spore germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycologia*. 67:1189-1192.
- SCHENCK, N.C. Y PEREZ, Y. (1987). *Manual for the identification of VA mycorrhiza fungi*. University of Florida. Gainesville, Florida. 245 pp.
- SCHULTZ, R.C., KORMANIK, P.P., BRYAN, W.C. Y BRISTER, G.H. (1979). Vesicular arbuscular mycorrhiza influence growth by no mineral concentrations in seedlings of eight sweetgum families. *Can. J. For. Res.* 9:218-223.



- SCHWAB,S.M.MENGE,J.A. Y TINKER,P.B. (1991). Regulation of nutrients transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytol.* 117:387-398.
- SELVARAJ,T. Y SUBRAMANIAN,G. (1987). Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in roots and scale-like leaves of *Acorus calamus* Linn. and *Colocasia esculenta* Linn. *Current Science.* 56(21):1112-1114.
- SEN,R. HEPPER,C.M.AZCON-AGUILAR,C Y ROSENDAHL,S. (1989). Competition between introduced and indigenous mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) for root colonization of leek. *Agric. Ecosys. and Environ.* 29:355-359.
- SIMMONS,G.L. Y POPE,P.E. (1987). Influence of soil compaction and vesicular-arbuscular mycorrhizae on root growth of yellow poplar and sweet gum seedlings. *Canadian Journal Forestry Research.* 17:970-975.
- SIMPSON,D. Y DAFT,M.J. (1991). Effects of *Glomus clarum* and water stress on growth and nitrogen fixation in two genotypes of groundnut. *Agric. Ecosys. and Environ.* 35:47-54.
- SIQUEIRA,J.O., SAFIR,G.R. Y NAIR,M.G. (1991). Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation and growth of white clover by flavonoid compounds. *New Phytol.* 118:87-93.
- ST. JOHN,T.V. Y COLEMAN,D.C. (1983). The role of mycorrhizae in plant ecology. *Can. Jour. Bot.* 61:1005-1014.
- SULOCHANA,T. Y MANOHARECHARY,C. (1989). Vesicular-arbuscular mycorrhizal associations of castor and safflower. *Current Science.* 58(8):459-461.
- TAMAROD. (1974). *Manual de Horticultura.* Ed. Gustavo Gil. S.A. Barcelona.
- THOMSON,B.D.ROBSON,A.D. Y ABBOTT,L.K. (1985). Sulfur supply and the formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas by *Glomus fasciculatum* on subterranean clover. *Soil, Biology and Biochemistry.* 17(6):877-879.
- TRAPPE,J.M. (1984). Mycorrhizal reactions to pesticides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22:331-359.
- TRINICK,M.J. (1977). Vesicular-arbuscular infection and soil phosphorus utilization in *Lupinus* spp. *New Phytol.* 78:297-304.
- VARDAVAKISE. (1990). Seasonal fluctuations of soil microfungi in correlation with some soil enzyme activities and VA mycorrhizae associated with certain plants of a typical calcixeroll soil in Greece. *Mycologia.* 82:715-726.
- VERKADE,S.D. (1991). Efficacy of six VAM fungi with containerized *Acer platanoides*. *Scientia Horticulturae.* 48:125-129.
- WATERER,D.R. Y COLTMAN,R.R. (1988). Effects of controlled-release phosphorus and inoculum density on the growth and mycorrhizal infection of pepper and leek transplants. *Hortscience.* 23(3):620-622.

- WATERER,D. Y COLTMAN,R. (1989a). Mycorrhizal infection level de bell pepper transplants influences subsequent response to soil solution phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*. 12(3):327-340.
- WATERER,D. Y COLTMAN,R. (1989b). Response of lettuce to pre- and post-transplant inoculation with a VA mycorrhizal fungus. *Plant and Soil*. 117:151-156.
- WATERER,D. Y COLTMAN,R. (1989c). Response of mycorrhizal bell pepper to inoculation timing, phosphorus, and water stress. *Hortscience*. 24(4):688-690.
- YOUNG,C.C.,JUANG,T.C. Y GUO,H.Y. (1986). The effect of inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on soybean yield and mineral phosphorus utilization in subtropical-tropical soils. *Plant and Soil*. 95:245-253.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

(1) pH	(2) CE	ANEXO 1		(5) P	(6) K	(7) Na	(8) Ca	(9) CIC
		(3) MO	(4) NT					
No.CONTROL	dSm ⁻¹	%	%	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g
S-2080	6.3	0.38	7.9	0.221	3	1880	0.07	21.98
S-2081	7.5	1.25	3.5	0.038	228	2914	0.24	21.46

No.CONTROL	Arena	Limo	Arcilla	(10)
	%	%	%	CLASIFICACION TEXTURAL
S-2080	41.7	46.0	12.3	Franco
S-2081	41.7	28.0	30.3	Franco Arcilloso

METODOLOGIA

- 1.- Potenciométrico, relación suelo-agua 1:2
- 2.- Obtención del extracto vía pasta de saturación y determinada con puente de conductividad
- 3.- Walkley and Black.
- 4.- Kjeldahl
- 5.- Bray-1
- 6.- Extractado en acetato de amonio IN pH 7.0 (relación 1:5) y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- 7.- Extractado en acetato de amonio IN pH 7.0 (relación 1:20) por centrifugación y determinados por espectrofotometría de emisión de flama
- 8.- Extractado en acetato de amonio IN pH 7.0 (relación 1:20) por centrifugación y determinado por volumetría de EDTA.
- 9.- Acetato de amonio IN pH 7.0 por centrifugación
- 10.- Hidrómetro de Bouyoucos

IDENTIFICACION

S-2080 SIBLO 1 .TEPOTZOTLAN
 S-2081 SIBLO 2 TRES MARIAS

A N E X O 2

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
 Titulo:micorrizas

Funcion:
 Del caso num. 1 a 24
 Sin seleccion

Analisis de varianza de dos sentidos sobre variable 1
 bloq bloques del 1 a 3
 con valores de 1 a 3
 y sobre variable 2
 trat tratamientos del 1 a 8
 con valores de 1 a 8

Variable 3
 HPTA3M ALTURA DE PLANTA

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	8413.59			
Variable 1	2	33.24	16.618	8.19	
Variable 2	7	7123.48	1017.641	11.34	.000
Error	14	1256.87	89.777		
No aditividad	1	514.00	514.001	6.99	.010
Residual	13	742.87	57.144		

Gran promedio = 32.155 Gran Suma= 771.730 NO. OBS.= 24
 Coeficiente de Variacion= 29.47%

Promedios para variable 3 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	33.769	31.702	30.995

Promedio para variable 3 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	27.017	30.933	36.077	43.007	5.143	44.507	4.887

VAR 2	8
MEAN	55.833

Variable 4

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

PF3M PESO FRESCO 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	4734.84			
Variable 1	2	87.83	43.915	1.42	.273
Variable 2	7	4213.89	601.984	10.49	.000
Error	14	432.32	30.880		
No aditividad	1	313.77	313.770	34.41	.000
Residual	13	118.55	9.119		

Gran promedio = 25.892 Gran Suma= 621.400 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion= 21.46%

Promedios para variable 4 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	28.512	25.162	24.880

Promedio para variable 4 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	22.280	26.567	33.767	34.833	5.200	48.000	5.867
VAR 2	8						
MEAN	38.600						

Variable 5
 PS3H PESO SECO 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	1235.38			
Variable 1	2	72.74	36.370	2.50	.117
Variable 2	7	959.27	137.039	9.43	.000
Error	14	203.35	14.525		
No aditividad	1	187.21	187.207	150.77	.000
Residual	13	16.14	1.242		

Gran promedio = 15.131 Gran Suma= 363.157 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 25.19%

Promedios para variable 5 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	17.575	14.169	13.650

Promedio para variable 5 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	15.750	16.800	18.200	19.400	4.567	21.433	4.600
VAR 2	0						
MEAN	20.300						

Variable 6

DR3M DESPLAZAMIENTO DE RAIZ 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	3500.96			
Variable 1	2	0.15	0.073	0.00	
Variable 2	7	3036.79	433.827	10.06	.000
Error	14	554.02	39.573		
No aditividad	1	4.95	4.949	0.12	
Residual	13	549.07	42.236		

Gran promedio = 15.042 Gran Suma = 361.000 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion = 41.82%

Promedios para variable 6 por cada valor de 1

VAR	1	2	3
Promedio	15.063	14.938	15.125

Promedio para variable 6 por cada valor de 2

VAR	2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	7.000	13.033	10.000	20.000	0.333	33.033	0.333	
VAR	2	8						
MEAN	26.000							

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Variable 7
 %IM3H PORCIENTO DE INF. MICO 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	5247.76			
Variable 1	2	8.41	8.284	8.16	
Variable 2	7	5229.52	747.875	580.73	.000
Error	14	17.03	1.273		
No aditividad	1	8.14	8.144	8.11	
Residual	13	17.68	1.368		

Gran promedio = 21.578 Gran Suma = 517.698 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion = 5.23%

Proedios para variable 7 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Proedio	21.687	21.389	21.635

Proedio para variable 7 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	28.463	31.783	17.813	23.827	8.888	43.613	8.888

VAR 2	8
MEAN	35.943

TESIS CON
 FALLA LE ORIGEN

Variable 8
 %P3M PORCIENTO DE P EN PTA 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	0.45			
Variable 1	2	0.00	0.002	0.00	
Variable 2	7	0.41	0.059	24.94	.000
Error	14	0.03	0.002		
No aditividad	1	0.01	0.006	2.67	.126
Residual	13	0.03	0.002		

Gran promedio = 0.232 Gran Suma* 5.560 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion* 20.08%

Promedios para variable 8 por cada valor de 1

VAR	1	2	3
Promedio	0.250	0.220	0.225

Promedio para variable 8 por cada valor de 2

VAR	2	1	2	3	4	5	6	7
HEAN	0.190	0.277	0.210	0.207	0.033	0.427	0.053	
VAR	2	8						
HEAN		0.377						

Variable 9
IEH3M INDICE DE EFICIENCIA HICO 3 MARIAS

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	4338.11			
Variable 1	2	135.81	67.956	5.83	.014
Variable 2	7	4038.88	575.841	49.36	.000
Error	14	163.31	11.665		
No aditividad	1	7.81	7.815	0.58	
Residual	13	156.30	12.023		

Gran promedio = 0.539 Gran Suma= 204.935 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 40.00%

Promedios para variable 9 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	6.444	11.867	7.305

Promedio para variable 9 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	8.000	6.220	13.037	18.810	-9.430	26.317	-9.033

VAR 2	8
MEAN	22.392

Variable 10
 HTEPD ALTURA TEPOTZOTLAN

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	8853.76			
Variable 1	2	355.13	177.566	8.99	
Variable 2	7	5979.98	854.283	4.75	.006
Error	14	2518.64	179.903		
No aditividad	1	1052.58	1052.583	9.33	.009
Residual	13	1466.06	112.774		

Gran promedio = 45.143 Gran Suma= 1083.440 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 29.71%

Promedios para variable 10 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	40.896	45.989	49.425

Promedio para variable 10 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
HEAN	15.210	37.933	27.267	47.810	58.277	58.890	61.880
VAR 2	8						
HEAN	55.480						

Variable 11
 PFTEPO PESO FRESCO TEPOTZOTLAN

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	7446.24			
Variable 1	2	451.60	225.799	2.67	.103
Variable 2	7	5812.04	830.292	9.83	.000
Error	14	1182.60	84.471		
No aditividad	1	363.38	363.383	5.77	.032
Residual	13	819.21	63.016		

Gran promedio = 30.362 Gran Suma= 872.700 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion= 25.28%

Promedios para variable 11 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	30.700	37.150	41.237

Promedio para variable 11 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	9.400	27.067	20.533	31.133	52.500	46.433	51.500
VAR 2	8						
MEAN	52.333						

Variable 12
 PSTEPO PESO SECO TEPOTZOTLAN

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	1331.54			
Variable 1	2	66.25	33.124	1.37	.285
Variable 2	7	927.89	132.556	5.50	.003
Error	14	337.41	24.100		
No aditividad	1	158.94	158.935	11.58	.004
Residual	13	178.47	13.728		

Gran promedio = 18.042 Gran Suma= 433.000 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 27.21%

Promedios para variable 12 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	15.887	18.386	19.931

Promedio para variable 12 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	5.500	16.633	11.467	18.167	24.200	21.933	22.950
VAR 2	8						
MEAN	23.483						

Variable 13
 DRTEPO DESPLAZAMIENTO RAIZ TEPOTZOTLAN

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	1728.16			
Variable 1	2	229.69	114.844	5.84	.014
Variable 2	7	1223.16	174.737	8.89	.000
Error	14	275.31	19.665		
No aditividad	1	27.60	27.601	1.45	.250
Residual	13	247.71	19.055		

Gran promedio = 12.438 Gran Suma= 298.500 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 35.65%

Promedios para variable 13 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	9.000	11.813	16.500

Promedio para variable 13 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	2.167	7.167	4.167	9.667	17.000	16.667	20.500
VAR 2	8						
MEAN	22.167						

Variable 14
 %IMTEPO PORCIENTO DE INF. MICO TEPO.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	12167.10			
Variable 1	2	277.24	138.621	1.61	.234
Variable 2	7	10685.36	1526.479	17.74	.000
Error	14	1284.51	86.036		
No aditividad	1	35.84	35.841	0.40	
Residual	13	1168.66	89.887		

Gran promedio = 26.865 Gran Suma = 644.760 NO. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion = 34.53%

Promedios para variable 14 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	22.971	26.371	31.252

Promedio para variable 14 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	13.063	39.573	15.390	40.010	0.000	50.403	0.000
VAR 2	0						
MEAN	48.480						

Variable 15
 %PpTEPOO % DE P PLANTA EN TEPO.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	0.61			
Variable 1	2	0.01	0.004	0.65	
Variable 2	7	0.51	0.073	11.13	.000
Error	14	0.09	0.007		
No aditividad	1	0.03	0.027	5.41	.036
Residual	13	0.07	0.005		

Gran promedio = 0.286 Gran Suma= 6.060 NO. OBS.= 24

Coefficiente de Variacion= 28.42%

Promedios para variable 15 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	0.260	0.292	0.305

Promedio para variable 15 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	0.080	0.340	0.173	0.303	0.177	0.553	0.217

VAR 2	8
MEAN	0.443

Variable 16
 IEHTEPO INDICE DE EFICIENCIA HICO TEPO

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	23	4415.38			
Variable 1	2	7.96	3.980	0.14	
Variable 2	7	4014.29	573.471	20.42	.000
Error	14	393.12	28.080		
No aditividad	1	0.26	0.256	0.01	
Residual	13	392.87	30.221		

Gran promedio = 15.860 Gran Suma = 380.630 NU. OBS. = 24

Coefficiente de Variacion = 33.41%

Promedios para variable 16 por cada valor de 1

VAR 1	1	2	3
Promedio	15.940	16.521	15.117

Promedio para variable 16 por cada valor de 2

VAR 2	1	2	3	4	5	6	7
MEAN	0.000	0.603	3.950	8.617	31.747	24.600	27.000
VAR 2	8						
MEAN	29.600						

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE

Titulo:micorrizas

Funcion:

Del caso num. 25 a 32

Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 89.777

Grados de Libertad del Error = 14

Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey

$s_{\alpha} = 1.934081$ a alfa = .05

x

Variable Dependiente # 3

Orden original	Orden arreglado
Prom 1* 27.92 C	Prom 8* 55.83 A
Prom 2* 38.93 B	Prom 6* 44.57 B
Prom 3* 36.88 BC	Prom 4* 43.89 B
Prom 4* 43.00 B	Prom 2* 38.93 B
Prom 5* 5.14 D	Prom 3* 36.88 BC
Prom 6* 44.57 B	Prom 1* 27.92 C
Prom 7* 4.89 D	Prom 5* 5.14 D
Prom 8* 55.83 A	Prom 7* 4.89 D

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE

Titulo:micorrizas

Funcion:

Del caso num. 25 a 32

Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 38.88

Grados de Libertad del Error = 14

Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey

$s_{\alpha} = 1.134313$ a alfa = .05

x

Variable Dependiente # 4

Orden original	Orden arreglado
Prom 1* 22.28 C	Prom 6* 48.98 A
Prom 2* 26.57 C	Prom 8* 39.68 AB
Prom 3* 33.77 B	Prom 4* 34.83 B
Prom 4* 34.83 B	Prom 3* 33.77 B
Prom 5* 5.28 D	Prom 2* 26.57 C
Prom 6* 48.98 A	Prom 1* 22.28 C
Prom 7* 5.87 D	Prom 5* 5.28 D
Prom 8* 38.68 AB	Prom 7* 5.87 D

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 14.525
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = .7779514$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 5

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	15.75 C	Prom 6*	21.43 A
Prom 2*	16.88 BC	Prom 8*	28.38 AB
Prom 3*	18.28 ABC	Prom 4*	19.48 ABC
Prom 4*	19.48 ABC	Prom 3*	18.28 ABC
Prom 5*	4.57 D	Prom 2*	16.88 BC
Prom 6*	21.43 A	Prom 1*	15.75 C
Prom 7*	4.68 D	Prom 7*	4.68 D
Prom 8*	28.38 AB	Prom 5*	4.57 D

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 39.573
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.284885$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 6

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	7.88 D	Prom 6*	33.83 A
Prom 2*	13.83 C	Prom 8*	28.88 B
Prom 3*	19.88 C	Prom 4*	28.88 BC
Prom 4*	28.88 BC	Prom 3*	19.88 C
Prom 5*	8.33 E	Prom 2*	13.83 C
Prom 6*	33.83 A	Prom 1*	7.88 D
Prom 7*	8.33 E	Prom 5*	8.33 E
Prom 8*	28.88 B	Prom 7*	8.33 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE

Titulo:micorrizas

Funcion:

Del caso num. 25 a 32

Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 1.273

Grados de Libertad del Error = 14

Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey

$s_{\alpha} = .2363078$ a $\alpha = .05$

x

Variable Dependiente # 7

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	28.46 E	Prom 6*	43.61 A
Prom 2*	31.78 C	Prom 8*	35.94 B
Prom 3*	17.81 F	Prom 2*	31.78 C
Prom 4*	23.83 D	Prom 4*	23.83 D
Prom 5*	8.88 G	Prom 1*	28.46 E
Prom 6*	43.61 A	Prom 3*	17.81 F
Prom 7*	8.88 G	Prom 5*	8.88 G
Prom 8*	35.94 B	Prom 7*	8.88 G

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE

Titulo:micorrizas

Funcion:

Del caso num. 25 a 32

Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = .802

Grados de Libertad del Error = 14

Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa max honesta de Tukey

$s_{\alpha} = 9.128709E-03$ a $\alpha = .05$

x

Variable Dependiente # 8

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	8.19 D	Prom 6*	8.43 A
Prom 2*	8.28 C	Prom 8*	8.38 B
Prom 3*	8.21 D	Prom 4*	8.29 C
Prom 4*	8.29 C	Prom 2*	8.28 C
Prom 5*	8.83 E	Prom 3*	8.21 D
Prom 6*	8.43 A	Prom 1*	8.19 D
Prom 7*	8.85 E	Prom 7*	8.85 E
Prom 8*	8.38 B	Prom 5*	8.83 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
 Titulo:micorrizas

Funcion:
 Del caso num. 25 a 32
 Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 11.665
 Grados de Libertad del Error = 14
 Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = .6871869$ a alfa = .05
 x

Variable Dependiente # 9

Orden original			Orden arreglado	
Prom 1*	8.88	F	Prom 6*	26.32 A
Prom 2*	6.22	E	Prom 8*	22.39 B
Prom 3*	13.84	D	Prom 4*	18.81 C
Prom 4*	18.81	C	Prom 3*	13.84 D
Prom 5*	-9.43	G	Prom 2*	6.22 E
Prom 6*	26.32	A	Prom 1*	8.88 F
Prom 7*	-9.43	G	Prom 7*	-9.43 G
Prom 8*	22.39	B	Prom 5*	-9.43 G

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
 Titulo:micorrizas

Funcion:
 Del caso num. 25 a 32
 Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 179.983
 Grados de Libertad del Error = 14
 Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 2.737875$ a alfa = .05
 x

Variable Dependiente # 10

Orden original		Orden arreglado		
Prom 1*	15.21	E	Prom 7*	61.88 A
Prom 2*	37.93	CD	Prom 6*	58.09 AB
Prom 3*	27.27	DE	Prom 5*	58.28 AB
Prom 4*	47.81	BC	Prom 8*	55.48 AB
Prom 5*	58.28	AB	Prom 4*	47.81 BC
Prom 6*	58.09	AB	Prom 2*	37.93 CD
Prom 7*	61.88	A	Prom 3*	27.27 DE
Prom 8*	55.48	AB	Prom 1*	15.21 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 84.471
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.876066$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 11

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	9.48 D	Prom 5*	52.58 A
Prom 2*	27.87 BC	Prom 8*	52.33 A
Prom 3*	28.53 C	Prom 7*	51.58 A
Prom 4*	31.13 B	Prom 6*	46.43 A
Prom 5*	52.58 A	Prom 4*	31.13 B
Prom 6*	46.43 A	Prom 2*	27.87 BC
Prom 7*	51.58 A	Prom 3*	28.53 C
Prom 8*	52.33 A	Prom 1*	9.48 D

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 24.1
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.802081$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 12

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	5.58 E	Prom 5*	24.28 A
Prom 2*	16.63 C	Prom 8*	23.48 A
Prom 3*	11.47 D	Prom 7*	22.95 AB
Prom 4*	18.17 BC	Prom 6*	21.63 AB
Prom 5*	24.28 A	Prom 4*	18.17 BC
Prom 6*	21.83 AB	Prom 2*	16.63 C
Prom 7*	22.95 AB	Prom 3*	11.47 D
Prom 8*	23.48 A	Prom 1*	5.58 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 19.665
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = .9051934$ a $\alpha = .05$

x
Variable Dependiente # 13

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	2.17 E	Prom 8*	22.17 A
Prom 2*	7.17 CD	Prom 7*	26.58 AB
Prom 3*	4.17 DE	Prom 5*	17.68 B
Prom 4*	0.67 C	Prom 6*	16.67 B
Prom 5*	17.68 B	Prom 4*	9.67 C
Prom 6*	18.67 B	Prom 2*	7.17 CD
Prom 7*	28.58 AB	Prom 3*	4.17 DE
Prom 8*	22.17 A	Prom 1*	2.17 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 86.036
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.893366$ a $\alpha = .05$

x
Variable Dependiente # 14

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1*	13.96 C	Prom 6*	58.48 A
Prom 2*	38.57 B	Prom 8*	48.48 B
Prom 3*	15.39 C	Prom 4*	48.01 B
Prom 4*	48.01 B	Prom 2*	39.57 B
Prom 5*	8.00 D	Prom 3*	15.39 C
Prom 6*	58.48 A	Prom 1*	13.96 C
Prom 7*	8.00 D	Prom 5*	8.00 D
Prom 8*	48.48 B	Prom 7*	8.00 D

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = .807
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.787825E-02$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 15

Orden original		Orden arreglado	
Pror 1*	8.08 E	Pror 8*	8.55 A
Pror 2*	8.34 C	Pror 6*	8.44 B
Pror 3*	8.17 D	Pror 2*	8.34 C
Pror 4*	8.38 C	Pror 4*	8.38 C
Pror 5*	8.18 D	Pror 7*	8.22 D
Pror 6*	8.55 A	Pror 5*	8.18 D
Pror 7*	8.22 D	Pror 3*	8.17 D
Pror 8*	8.44 B	Pror 1*	8.08 E

ARCHIVO DE DATOS ENRIQUE
Titulo:micorrizas

Funcion:
Del caso num. 25 a 32
Sin seleccion

Cuadrado Medio del Error = 28.88
Grados de Libertad del Error = 14
Numero de observaciones utilizadas para calcular un promedio = 24

Prueba de la diferencia significativa mas honesta de Tukey
 $s_{\alpha} = 1.081665$ a alfa = .05

x
Variable Dependiente # 16

Orden original		Orden arreglado	
Pror 1*	8.88 D	Pror 5*	31.75 A
Pror 2*	8.68 D	Pror 8*	29.68 AB
Pror 3*	3.95 CD	Pror 7*	27.68 AB
Pror 4*	8.62 C	Pror 6*	24.68 B
Pror 5*	31.75 A	Pror 4*	8.62 C
Pror 6*	24.68 B	Pror 3*	3.95 CD
Pror 7*	27.68 AB	Pror 2*	8.68 D
Pror 8*	29.68 AB	Pror 1*	8.88 D

CORRELACION EN EL SUELO DE TRES MARIAS

	3	4	5	6	7	8	9
3	1.000						
4	0.967	1.000					
5	0.967	0.984	1.000				
6	0.893	0.953	0.899	1.000			
7	0.907	0.897	0.910	0.900	1.000		
8	0.940	0.942	0.931	0.955	0.980	1.000	
9	0.932	0.974	0.926	0.985	0.877	0.949	1.000

3 Altura de planta

4 Peso fresco

5 Peso seco

6 Desplazamiento de raíz

7 Por ciento de infección micorrízica

8 Por ciento de Fósforo total en la planta

9 Índice de eficiencia micorrízica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CORRELACION EN EL SUELO DE TEPOTZOTLAN

	10	11	12	13	14	15	16
10	1.000						
11	0.969	1.000					
12	0.983	0.975	1.000				
13	0.926	0.975	0.922	1.000			
14	0.180	0.072	0.157	0.114	1.000		
15	0.573	0.501	0.568	0.517	0.878	1.000	
16	0.884	0.956	0.875	0.949	-0.047	0.371	1.000

10 Altura de planta

11 Peso fresco

12 Peso seco

13 Desplazamiento de raíz

14 Por ciento de infección micorrízica

15 Por ciento de Fósforo total en la planta

16 Índice de eficiencia micorrízica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN