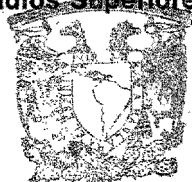


2ej. 45



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán



**BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA**

**POTENCIAL AGRICOLA DE LA MICORRIZA
VESICULO ARBUSCULAR DEL ESTRATO
ARBUSTIVO Y HERBACEO DEL
BOSQUE DE ZOQUIAPAN,**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A

MARIA GUADALUPE REYES SOLIS

**TESIS DONADA POR
D.G.B. - UNAM**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1987

Esta Tesis fue realizada en la sección de Microbiología y Bioquímica de Suelos del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados, bajo la dirección del Dr. Ronald Ferrera-Cerrato y asesoría del M.C. Eduardo López Alcocer.

J U R A D O

PRESIDENTE

M.C. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ

VOCAL

M.C. SILVESTRE BENITEZ VICTORINO

SECRETARIO

Q. CELIA ELENA VALENCIA ISLAS

1o. SUPLENTE

ING. VICENTE SILVA CARRILLO

2o. SUPLENTE

ING. RAYMUNDO GOMEZ ORTA

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme la vida y la oportunidad de conocerlo, por cubrir de nubes los cielos, por preparar la lluvia para la tierra y por las plantas que al hombre dan sustento.
- Al Dr. Ronald Ferrera-Cerrato por su amistad, comprensión, apoyo y la oportunidad brindada hacia mi persona par desarrollarme profesionalmente.
- Al M.C. Eduardo López Alcocer por sus aportaciones y sugerencias para la realización de este trabajo, así como su apoyo y desinteresada amistad.
- Al personal de la sección de Microbiología por el compañerismo e interés demostrado desde un principio para la realización de este trabajo. M.C. Abdul Khalil Gardezi, Biol. David Jaen Contreras, Biol. Victor Lara Fernandez, Biol. David Espinosa Victoria, Biol. Concepción Siguenza Lopez, Ing. Remigio Guzmán Plazola, Ing. Roberto Quintero Lizaola, Ing. Salvador Rubio, Ing. Pablo Orozco, Biol. Pedro Salazar, Srita. Rosario Galicia, Sr. Martín Godínez, Sr. Lorenzo Viana, Sr. Manuel Solano y de manera muy especial a la Q.F.B. Nieves Rodríguez, Q.F.B. Carmen González e Ing. Juan José Almaráz.
- Al Ing. Guillermo Basante Butrón e Ing. Juan Virgen Vargas, por la amistad que siempre me han brindado.
- A la Srita. Patricia García Lazcano, por su amistad y ayuda en la elaboración del presente.
- A los miembros del H. Jurado que dedicaron parte de su tiempo en la revisión del presente trabajo

M.C. Laura Bertha Reyes Sanchez
M.C. Silvestre Benítez Victorino
Q. Celia Elena Valencia Islas
Ing. Vicente Silva Carrillo
Ing. Raymundo Gomez Orta

- Al COLEGIO DE POSTGRUADOS, por la ayuda y facilidades recibidas para la realización del presente estudio y por darme la oportunidad de ser miembro de su prestigiada Institución.
- A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Carrera de Ingeniería Agrícola y a las personas que en ella laboran.
- A todos los que pertenecen a la Comunidad Emanuel, por lo que significan en mi vida.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Por ese amor que los mantiene unidos y que nos transmiten siempre, por sus consejos y ayuda cuando más los necesito, por compartir conmigo todo momento sea bueno o no.

LOS QUIERO

A MIS HERMANOS ROSA MA., FERNANDO, ISMAEL, MARGARITA, JULIO, GABRIEL, GABRIELA y MARIO

Por que cada uno de ellos ha aportado lo mejor de si para lograr y mantener la unidad familiar y esperando que también ellos logren sus metas fijadas

A MIS CUNADOS ARACELI y JORGE

Por ser ya parte de mi familia

A MIS SOBRINOS VURIANA y JONATAN

Por ser la chispa de vida para nuestra familia y por lo que representan para mi

A LA FAMILIA LOPEZ OSUNA

Por que todos han sido como otra familia para mí, en la cual yo puedo confiar siempre.

A GUILLERMO LOYO ORTEGA

Por la amistad y cariño que ha perdurado a través del tiempo.

A MIS COMPANEROS Y AMIGOS

Irma Alvarez Rodríguez
Patricia García González
Carmen Gonzalez Chavez
Patricia García Lazcano
Judith Espinosa Moreno
Nieves Rodríguez Mendoza
Elia García Gallegos
Hugo Ramírez Mendoza
Enrique Cabañas Córdoba
Isaac Orozco Ramírez
Salvador Vega Gradilla
Juan Carlos Garduño Ortiz

Por la amistad y los bellos momentos que
juntos hemos compartido.

¡ JESUS MARIA OS AMO, SALVAD ALMAS !

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCION -----	1
ANTECEDENTES -----	3
1. Descripción general del área -----	3
Ubicación -----	3
Clima -----	4
Topografía -----	6
Hidrología -----	6
Geología -----	7
Suelos -----	7
Vegetación -----	8
1. Asociación de <i>Abies religiosa</i> -----	10
2. Asociación de <i>Pinus hartwegii</i> -----	12
3. Asociación de <i>Pinus montezumae</i> -----	13
4. Asociación de <i>Pinus hartwegii</i> - <i>Alnus firmifolia</i> -----	14
2. Micorriza -----	15
Definición -----	15
Clasificación -----	16
Distribución -----	18
Taxonomía -----	19
Fisiología -----	27
Factores que afectan la simbiosis -----	33
Importancia de la micorriza vesículo-arbuscular (VA) en la agricultura -----	36
Efecto de la micorriza VA en plantas fijadoras de nitrógeno -----	39
OBJETIVOS -----	42
HIPOTESIS -----	43
MATERIALES Y METODOS -----	44
1. Evaluación ecológica de la micorriza vesículo-arbuscular (VA) del Bosque de Zoquiapan -----	44
1.1 Muestreo en la época de sequía -----	44
1.2 Muestreo en la época de lluvia -----	46

2. Selección de hongos micorrízicos provenientes del Bosque de Zoquiapan -----	46
2.1 Esterilización superficial de las semillas -----	46
2.2 Suelo y preparación de macetas -----	47
3. Efecto de la micorriza vesículo-arbuscular (VA) proveniente del Bosque de Zoquiapan en cinco diferentes variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	48
3.1 Material biológico -----	48
3.2 Suelo y preparación de macetas -----	50
3.3 Desinfección de semillas y siembra -----	50
3.4 Transplante e inoculación -----	51
3.5 Tratamientos y diseño experimental -----	51
3.6 Evaluación de variables y análisis estadístico --	53
R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N -----	54
1. Evaluación ecológica de la asociación micorrízica en el estrato arbustivo y herbáceo del Bosque de Zoquiapan en época de sequía -----	54
2. Evaluación ecológica de la asociación micorrízica en el estrato arbustivo y herbáceo del Bosque de Zoquiapan en época de lluvia -----	65
3. Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos vesículo-arbuscular del Bosque de Zoquiapan en cinco diferentes variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	82
C O N C L U S I O N E S -----	126
R E S U M E N -----	128
B I B L I O G R A F I A -----	132
A P E N D I C E -----	141



**BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA**

CUADROS.

pag.

CUADRO 1	Tratamientos utilizados en el experimentos y repeticiones -----	52
CUADRO 2	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Pinus montezumae</i> , en la época de sequía -----	56
CUADRO 3	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Abies religiosa</i> , en la época de sequía -----	57
CUADRO 4	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Alnus filicifolia-Pinus hartwegii</i> , en la época de sequía -----	61
CUADRO 5	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Pinus hartwegii</i> , en la época de sequía -----	63
CUADRO 6	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Pinus montezumae</i> , en la época de lluvia -----	68
CUADRO 7	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Abies religiosa</i> , en la época de lluvia -----	71
CUADRO 8	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Alnus filicifolia-Pinus hartwegii</i> , en la época de lluvia -----	73
CUADRO 9	Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de <i>Pinus hartwegii</i> , en la época de lluvia -----	76
CUADRO 10	Análisis químico de suelo proveniente de cuatro asociaciones vegetales del Bosque de Zoquiapan, en dos estaciones climáticas -----	79
CUADRO 11	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre la altura de cinco variedades de frijol -----	86
CUADRO 12	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre el área foliar de cinco variedades de frijol -----	90
CUADRO 13	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre el volumen radical de cinco variedades de frijol -----	96

CUADRO 14	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre el peso seco de la parte aérea de cinco variedades de frijol	101
CUADRO 15	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre el número de nódulos de cinco variedades de frijol	106
CUADRO 16	Actividad nitrogenasa en nmoles de C_2H_4 producidos en dos horas en cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	110
CUADRO 17	Porcentaje de colonización total e incidencia de arbuscúlos y vesículas en cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) de diferente hábito de crecimiento	117
CUADRO 18	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre el porcentaje de colonización micorrízica de cinco variedades de frijol	118
CUADRO 19	Efecto de la inoculación con micorriza VA y <i>Rhizobium</i> sobre la producción de esporas de hongos micorrízicos de cinco variedades de frijol	122

FIGURAS

pag.

FIG. 1	Localización geográfica del Bosque de Zoquiapan -----	5
FIG. 2	Mapa de vegetación del Bosque de Zoquiapan -----	9
FIG. 3	Clamidospora formada por el género <i>Glomus</i> -----	21
FIG. 4	Clamidospora formada por el género <i>Sclerocystis</i> -----	22
FIG. 5	Azygospora formada por el género <i>Acaulospora</i> -----	23
FIG. 6	Azygospora formada por el género <i>Gigaspora</i> -----	24
FIG. 7	Azygospora formada por el género <i>Entrophospora</i> -----	25
FIG. 8	Azygospora formada por el género <i>Scutellospora</i> -----	26
FIG. 9	Estructuras típicas de la micorriza Vesfculo- arbuscular (VA) -----	29
FIG. 10	Porciento de colonización micorrizica VA en - siete especies de plantas de la asociación de <i>Pinus montezumae</i> , en la época de sequía -----	55
FIG. 11	Porciento de colonización micorrizica VA en siete especies de plantas de la asociación de <i>Abies religiosa</i> , en la época de sequía -----	58
FIG. 12	Porciento de colonización micorrizica VA en siete especies de plantas de la asociación de <i>Alnus firmifolia-Pinus hartwegii</i> , en la época de sequía -----	60
FIG. 13	Porciento de colonización micorrizica VA en cinco especies de plantas de la asociación de <i>Pinus hartwegii</i> , en la época de sequía -----	62
FIG. 14	Porciento de colonización micorrizica VA en once especies de plantas de la asociación de <i>Pinus montezumae</i> , en la época de lluvia -----	67
FIG. 15	Porciento de colonización micorrizica VA en ocho especies de plantas de la asociación de <i>Abies religiosa</i> , en la época de lluvia -----	70
FIG. 16	Porciento de colonización micorrizica VA en ocho especies de plantas de la asociación de <i>Alnus firmifolia-Pinus hartwegii</i> , en la épo- ca de lluvia -----	72

FIG. 17	Porcentaje de colonización micorrizica VA en ocho especies de plantas de la asociación de <i>Pinus hartwegii</i> , en la época de lluvia -----	75
FIG. 18	Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y <i>Rhizobium</i> sobre la altura de cinco variedades de frijo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	85
FIG. 19	Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y <i>Rhizobium</i> sobre el área foliar de cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	89
FIG. 20	Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y <i>Rhizobium</i> sobre el volumen radical de cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	94
FIG. 21	Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y <i>Rhizobium</i> sobre el peso seco total de la parte aérea de cinco variedades de frijol - (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	100
FIG. 22	Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y <i>Rhizobium</i> sobre el número de nódulos/planta de cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	105
FIG. 23	Porcentaje de colonización micorrizica de - cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	116
FIG. 24	Número de esporas por 100 g de suelo seco en cinco variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) -----	121

INTRODUCCION

En México, los estudios ecológicos son de gran importancia, ya que permiten que los recursos naturales sean más eficientemente conservados y manejados, además para tener un conocimiento sobre la productividad de los diferentes agroecosistemas y ecosistemas. Desde un punto de vista ecológico la explotación de un ecosistema debe hacerse de una manera controlada, tomando en cuenta el aprovechamiento, protección y fomento de los recursos naturales.

Existen ecosistemas que son sometidos a alteraciones, producto de la presión en la producción de alimentos, madera y leña. En el Bosque de Zoquiapan, Estado de México, debido al incremento demográfico y la explotación por el hombre, ha ocasionado la pérdida de especies de plantas y animales, así como la alteración y desaparición de lugares con características únicas.

Es muy importante considerar que cualquier estudio que se realice debe tender al conocimiento de las comunidades vegetales y animales para poder definir los patrones biológicos y ecológicos que determinan la estructura y funcionamiento de cualquier ecosistema o agroecosistema.

El suelo es un factor muy importante que debe considerarse dentro del equilibrio de un ecosistema, por que en él se llevan a cabo infinidad de reacciones que son provocadas por los microorganismos, así como las relaciones que tienen ellos mismos con las plantas. Una cuestión que no ha sido estudiada, es el papel que tiene la micorriza vesículo-arbuscular en el Bosque de Zoquiapan, dado que la simbiosis micorrizica forma parte del equilibrio nutricional, al ser capaces los hongos formadores de micorriza de proporcionar nutrimentos esenciales para el metabolismo vegetal (principalmente P).

Otra cuestión importante, es la contaminación que se presenta en los agroecosistemas, debido al uso excesivo de agroquímicos, como son: herbicidas, insecticidas, fungicidas, entre otros; por lo tanto, se busca introducir a la micorriza vesículo-arbuscular (VA) proveniente del Bosque de Zoquiapan, en la tecnología agrícola con el propósito de incrementar la producción y tratar de disminuir la contaminación en los agroecosistemas.

En el presente estudio se trata de conocer el funcionamiento de la asociación micorrizica en el Bosque de Zoquiapan y ocuparla como un potencial biológico para mejorar los cultivos agrícolas que le son de utilidad al hombre.

ANTECEDENTES

Dentro de los recursos naturales con los que cuenta el país, los bosques tienen gran importancia al presentar una variedad ecológica de especies vegetales y animales, que permiten realizar estudios en cuanto a su dinámica poblacional.

En el Parque Nacional Zoquiapan, fundado en marzo de 1937, se han realizado investigaciones tendientes al conocimiento de factores ecológicos, tales como suelos (Rey, 1975); fauna (Blanco *et al.*, 1981) y flora (Vega, 1982; Zavala, 1984). Estos trabajos han permitido que investigaciones posteriores se realicen de manera más particular y sean el medio para conocer los principios que rigen dicha comunidad, así como para implementar mejores planteamientos en el manejo y aprovechamiento de los recursos presentes en dicha comunidad.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

UBICACION

El área se encuentra entre los límites de los estados de México y Puebla, dentro del Parque Nacional Zoquiapan y la Unidad de Explotación Forestal de San Rafael, abarcando una superficie de 2 683.5 ha. Está limitado al norte con la

ampliación del Ejido de Río Frío , al sur con el Ejido de Tlalmanalco, al este con el Ejido Apapasco y el predio San Miguel Molino y al oeste con el Ejido Martín Cuautlalpan, (Rey, 1975)

Se encuentra en la zona de la Cordillera Neovolcánica al noroeste del volcán Iztaccihuatl en la parte sureste del Parque Nacional y con las siguientes coordenadas geográficas:

19°12'08" y 19°20'00" Norte

98°42'30" y 98°30'00" Oeste

Se llega a ella por la autopista México-Puebla a 50 km al este de los Reyes, saliendo hacia el sur en Llano Grande. (Fig. 1).

CLIMA

El clima registrado en promedio de 20 años en la estación de Río Frío es, clima templado subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual de la zona es aproximadamente de 13°C, registrándose como máxima 31°C en los meses de junio y julio, y las temperaturas mínimas en los meses de diciembre y enero. Las heladas se pueden presentar en los meses de abril y septiembre por la noche. La precipitación anual es de 1180 mm, las lluvias mínimas se presentan en febrero y las máximas en julio, la mayor cantidad de preci-

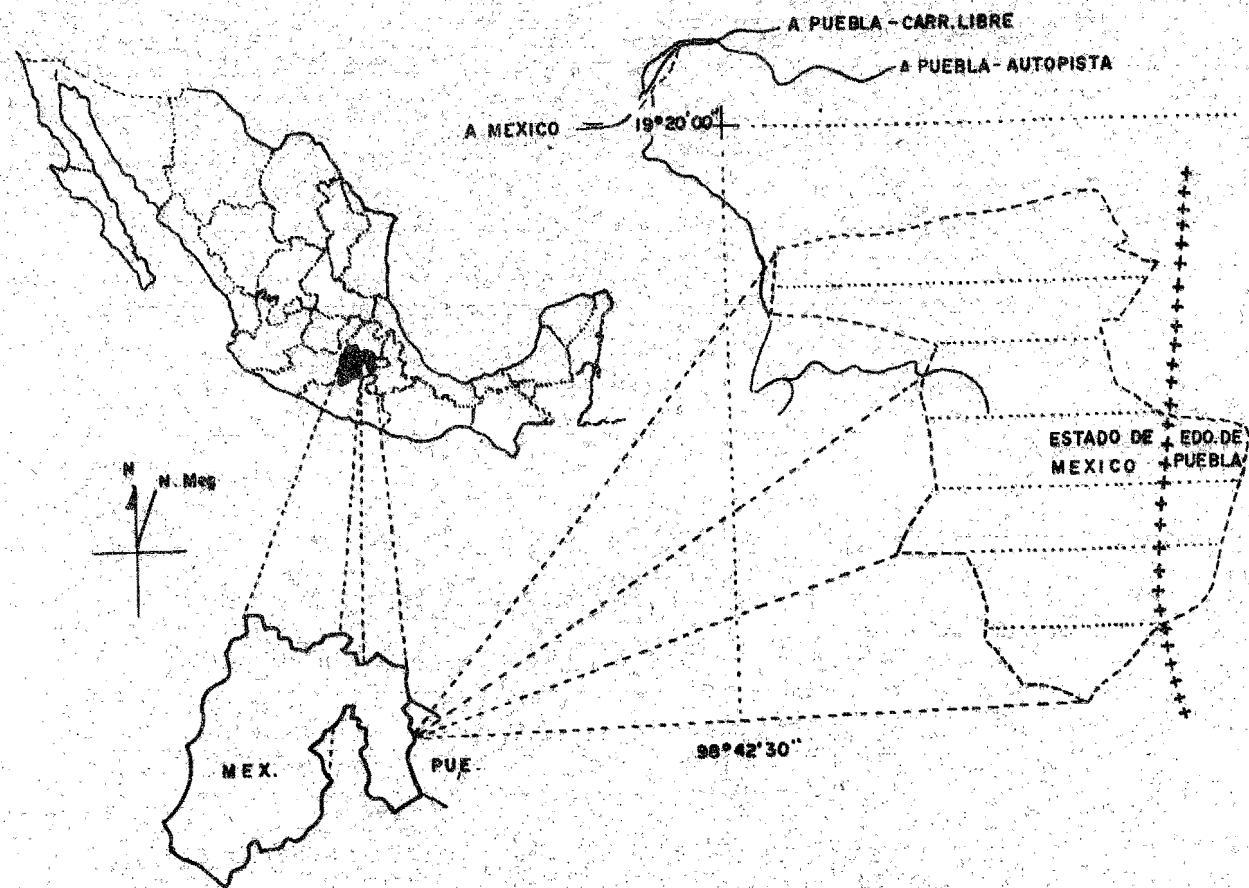


FIG. 1 Localización geográfica del Bosque de Zoquiapan.

pitación se concentra entre los meses de junio a septiembre. Dada su cercanía al Iztaccihuatl se llegan a presentar esporádicas nevadas (Rodríguez, 1975).

TOPOGRAFIA

La zona de estudio comprende un área de forma más o menos rectangular, la cota más alta se localiza en el cerro de las Tres Cruces con 3 690 m, el cerro Tenepa con 3 680 m en la parte sur, le sigue el cerro el Papayo con 3 620 m en la parte noreste y la cota más baja se halla en la zona noreste con 3 080 m en el Llano Tlalpuente.

El relieve predominante en la zona es montañoso con excepción de los llanos, las pendientes varían de 2% en las partes planas a más del 50% en la zona montañosa (Rodríguez, 1975).

HIDROLOGIA

En la zona de estudio existen muy pocas corrientes superficiales, las cuales se abastecen de lluvias y de algunos escurrimientos, que por lo regular son temporales (Rey, 1975).

Entre este tipo de cuerpos de agua sobresale el arroyo Aculco, que nace en la parte suroeste de la zona, en las es

tribaciones del Iztaccihuatl, corre en dirección sur-noreste (Rodríguez, 1975).

El arroyo Temascatitla que se ubica en la cañada del mismo nombre se origina al este del cerro Tres Cruces, corre en dirección sureste y se une al arroyo Tlacupaso en la parte este. El arroyo Tlacupaso corre por la parte sureste, en la cañada Matioco y sale hacia el llano Zapintla, fuera del área (Zavala, 1984).

GEOLOGIA

En la zona predominan rocas andesíticas, basaltos y tobas andesíticas.

SUELOS

Los suelos de la zona se clasifican como andosoles mólicos, según el sistema FAO-UNESCO, 7a. Aproximación Americana. Son profundos ya que no hay impedimento físico para el desarrollo radical a menos de 90 cm, la textura predominante es de franco-arenosa, el índice de plasticidad se califica moderadamente plástico en general, el contenido extremadamente rico de materia orgánica favorece la porosidad y por ende la aireación. La estructura en general es de bloques subangulares medios débilmente desarrollados.

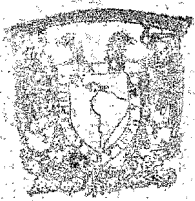
Los valores de pH oscilan entre fuertemente ácidos (5.5) a neutros (7.1), pero predominan los medianamente ácidos. Tanto el contenido de materia orgánica como el nitrógeno total es extremadamente rico, el contenido de fósforo es calificado bajo para todos los suelos del área. En lo referente a cationes asimilables el Ca, Mg y K se presentan en altos contenidos. El más alto porcentaje en el complejo de saturación, lo ocupa el catión Ca, siguiéndole el Mg, Na, K, Al e H en orden decreciente.

Los análisis mineralógicos reportan la presencia de fragmentos de roca andesítica y los siguientes minerales: cuarzo, ortoclasa, piroxeno, anfíbola, hornblenda y biotita (Rey, 1975).

VEGETACION.

Las principales especies arbóreas de la zona son: Pino (*Pinus hartwegii*) 65%, aile o alite (*Alnus spp*), oyamel (*Abies religiosa*) 10%, el resto del porcentaje lo ocupan el cedro blanco (*Cupressus spp*) y el encino (*Quercus spp*).

El género más importante desde el punto de vista volumétrico es *Pinus* y le sigue *Alnus*; el oyamel toma importancia desde el punto de vista económico. (Fig. 2)



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

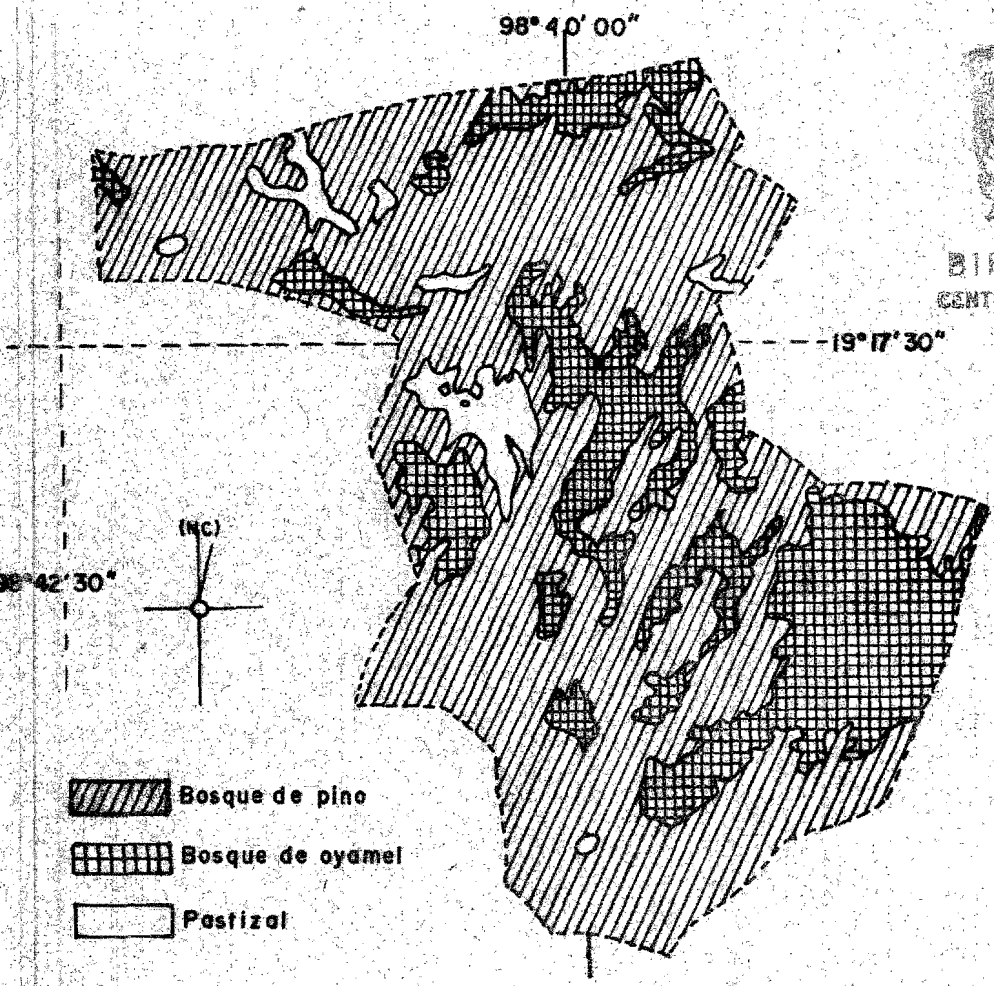


Fig. 2 Mapa de vegetación del Bosque de Zoquiapan.

Las masas forestales no son uniformes debido a la incoherente explotación a la que ha sido sometido el Bosque (Rodríguez, 1975).

Vega (1982) realizó un estudio florístico de la Estación y encontró representadas 60 familias, 189 géneros y 351 especies.

Obieta (1977) considera la vegetación predominante como de alta montaña y cataloga la región como florísticamente pobre, dominada principalmente por *Pinus hartwegii*.

Zavala (1984) realizó un estudio sinecológico determinando la presencia de seis asociaciones, dentro de las cuales se encuentran:

1) Asociación de *Abies religiosa*: Se encuentra en altitudes que van de 3 200 - 3 350 msnm, en cañadas con terrenos cuya pendiente oscila de 30-50% con exposiciones norte-este. Se presenta en suelos sobre meseta volcánica y circo glacial en embudo, abunda más en el segundo, cubre aproximadamente el 29% del área.

Su limitación con otras asociaciones depende del grado de pendiente del terreno, de la exposición o del grado de protección que presenten las cañadas donde se distribuye. En altitudes menores donde el terreno es casi plano está -

Limitada por la asociación de *Pinus hartwegii*. Cuando el terreno presenta pendientes entre 20-30% la asociación que la limita es *Pinus hartwegii*-*Alnus firmifolia*, en altitudes mayores limita con *Pinus hartwegii*.

El estrato arbóreo está dominado por *Abies religiosa*, cuya altura alcanza 46 m. La media de este estrato es de 19 m y el estrato arbóreo inferior está representado por *Alnus firmifolia* y *Salix oxylepis*, *Pinus hartwegii* también se presenta pero en menor frecuencia.

El estrato arbustivo está constituido por *Senecio angulifolius*, individuos jóvenes de *Abies religiosa*, *Senecio barba-johannis* y *Symphoricarpos microphyllus* con mayor frecuencia. Otras especies que van decreciendo en frecuencia son: *Pernettya ciliata*, *Fuchsia cylindracea*, *Buddleia parviflora*, *Eupatorium glabratum*, *Eupatorium mairertianum*, *Salix oxylepis* y *Acaena elongata*.

El estrato herbáceo se encuentra representado por *Didymaea alsinoides*, *Alchemilla procumbens*, *Eupatorium pazcuarense*, *Galium aeschenbornii* y *Salvia cardinalis* como especies de mayor frecuencia. Y entre las de menor frecuencia se encuentran algunas especies pertenecientes a los géneros *Geranium*, *Stevia* y *Sibthorpia*. En lugares perturbados se encuentran *Senecio angulifolius*, *Geranium seemanii*, *Senecio callosus* y *Senecio plataniifolius*.

2) Asociación de *Pinus hartwegii*: Ocupa el 60% de la superficie total, con un rango altitudinal de 3 060 - 3 700 msnm, principalmente en terrenos expuestos poco inclinados o casi planos. Suelos sobre meseta volcánica cordada, meseta volcánica y circo glacial en embudo, siendo más abundante en el último.

Se limita por la asociación *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* en terrenos poco inclinados con exposiciones al sur y oeste donde las altitudes varían a 3 400 m. En terrenos protegidos y pendientes pronunciadas se limita por *Abies religiosa*, laderas con exposiciones norte-este. En las zonas con menores altitudes, donde el drenaje del suelo es menos eficiente, se encuentra limitada por el pastizal.

El estrato arbóreo está constituido exclusivamente por *Pinus hartwegii* encontrándose esporádicamente individuos de *Arbutus xalapensis* y *Alnus firmifolia*. Los individuos de esta asociación se encuentran muy espaciados por lo cual se forma un bosque abierto con alturas máximas de 30 m y de 18 m en promedio.

El estrato arbustivo está constituido por individuos jóvenes de *Pinus hartwegii* acompañados por *Baccharis conferta* en lugares muy alterados, encontrándose esporádicamente *Penstemon gentianoides*, *Penstemon roseus* y *Pluchea adnata*.

El estrato herbáceo es rico en especies, perteneciendo en su mayoría a las familias Gramineae y Compositae y se encuentran especies como: *Geranium potentillaefolium*, *Alchemilla procumbens*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Viola pante-rí* y *Oxylobus adscendens*.

3) Asociación de *Pinus montezumae*: Esta asociación ocupa el 0.5% del área de estudio, se encuentra distribuida en un rango altitudinal de 3 050 - 3 250 msnm. En terrenos poco inclinados de cañadas protegidas, sobre laderas con exposiciones noroeste-suroeste en suelos sobre circo glacial en embudo.

Se encuentra limitada por la asociación de *Abies religiosa* en terrenos con pendientes pronunciadas o con mayor grado de protección y altitud. En terrenos más expuestos está limitada por *Pinus hartwegii* o por la asociación de *Pinus montezumae*-*Alnus firmifolia*, esta última en terrenos menos protegidos y ligeramente inclinados.

El estrato arbóreo está representado por *Pinus montezumae* principalmente, acompañado a menudo por *Alnus firmifolia*. La altura promedio es de 29 m, llegando a alcanzar alturas máximas de 44 m en individuos de *Pinus montezumae*.

El estrato arbustivo se encuentra representado por especies que muestran baja densidad y cobertura. Se encuentran especies como *Rernettya ciliata*, *Castilleja tenuiflora*, *Salvia elegans* y *Senecio angulifolius*, acompañadas en forma poco frecuente por *Salix oxylepis*, *Acaena elongata* y *Baccharis conferta*.

El estrato herbáceo se encuentra representado por *Alchemilla procumbens* y *Brachypodium mexicanum*, encontrándose esporádicamente *Eupatorium parcuarensis*, *Didymaea alsinoides*, *Muhlenbergia macroura*, *Archibaccharis glandulosa*, *Oenothera purpusii* y *Geranium potentillaeifolium*.

4) Asociación de *Pinus hartwegii*-*Alnus firmifolia*: Ocupa más o menos el 5% del área de estudio, se distribuye en un rango altitudinal de cerca de 3 000 - 3 500 msnm, en terrenos con pendientes que varían de 10-40% y exposición de noroeste-noreste, aunque varía. Se presenta en la mayor parte de los tipos de suelo del área, pero es más abundante en las regiones con suelo sobre meseta volcánica y circo glacial en embudo.

Se limita con la asociación de *Abies religiosa* en las zonas con terrenos más protegidos y pendientes entre 30% y más del 50%. En terrenos con menores altitudes y casi planos o hacia mayores altitudes con terrenos abiertos, esta limitada con *Pinus hartwegii*.

En el estrato arbóreo las principales especies son; *Alnus firmifolia* y *Pinus hartwegii* siguiéndole *Salix oxylepis* en menor importancia. La altura promedio de esta asociación es de 14 m, llegando a presentarse alturas máximas de 32 m en individuos de *Pinus hartwegii*.

El estrato arbustivo presenta gran cantidad de individuos jóvenes de *Alnus firmifolia*, llegando a dominar sobre especies como *Senecio cinerarioides*, *Penstemon gentianoides* y *Senecio angulifolius*. Este estrato es muy denso, sobre todo en terrenos recién alterados en los cuales también se encuentra *Ribes ciliatum* y *Symphoricarpos microphyllus* que debido a su tipo de ramificación, hacen difícil penetrar al interior del bosque.

El estrato herbáceo es más o menos rico en especies donde *Alchemilla procumbens* domina a las demás especies presentes, dentro de las que se encuentran *Eupatorium pazcuarensis*, *Geranium potentillaefolium*, *Archibaccharis glandulosa*, *Festuca amplissima*, *Geranium seemanii*, *Solanum demissum* y *Senecio sinuatus*.

2. MICORRIZA

DEFINICION

Los microorganismos se encuentran presentes en gran nú-

mero en el suelo y juegan un papel importante en numerosos procesos fisiológicos en las raíces. Dentro de estos procesos microbianos se encuentran el saprofitismo, parasitismo y simbiosis.

La simbiosis es la asociación entre organismos vegetales o animales, en la que ambos se benefician mutuamente.

La simbiosis que se lleva a cabo entre las raíces de las plantas superiores y los hongos es lo que se conoce como micorriza (Lewis, 1973).

CLASIFICACION

Frank en 1885, fue el primero en usar este término y clasificó a la micorriza en ectotrofa y endotrofa. Posteriormente Peyronet *et al* (1969) la dividieron en ectomicorriza, endomicorriza y ectoendomicorriza. Posteriormente Lewis (1973) propuso el cambio por la de "Sheating-Micorriza" (Ectomicorriza = Micorriza en vaina) y divide la endomicorriza en: 1. Endomicorriza vesículo-arbuscular (VA), 2. Endomicorriza ericacea, y 3. Endomicorriza orquídácea, debido a su gran extensión.

La ectomicorriza forma un manto fungico externo compacto y una estructura intercelular conocida como Red de Hartig, esta red se localiza entre las células de la raíz y no hay

penetración intracelular. En la endomicorriza no hay cambios morfológicos visibles en la estructura externa de la raíz del hospedero, no se presenta un manto fúngico, pero la hifa entra a las células corticales sin causar daño al invadir las raíces. La ectoendomicorriza presenta características de ambas (Tinker, 1980; Safir, 1980).

La clasificación original se basa en la penetración y formación de ciertas estructuras del hongo en las células corticales del hospedero, así Harley y Smith (1983) en su clasificación consideran los factores anteriores, así como al hospedero y la relación entre ambos. Los tipos de micorriza que describen son: micorriza vesículo-arbuscular (VA), ectomicorriza, ectoendomicorriza, arbutoide, ericoide, monotroide y el perteneciente al que se forma con las orquídeas.

Los tipos de micorriza presentan características morfológicas e histológicas que los distinguen entre sí, pero a pesar de ello hay una mezcla entre ellos, como se sabe la familia Endogonaceae es típica formadora de los hongos micorrizicos VA, pero *Endogone lactiflua* forma ectomicorriza con *Pinus strobus* y *Pseudotsuga douglasii* (Fassi et al, 1969).

Meyer (1973) reporta que géneros tales como *Eucalyptus*, *Cupressus*, *Salix*, *Malus*, *Pyrus*, *Tilia* y *Arbustus* presentan endomicorriza y ectomicorriza.

DISTRIBUCION

En el reino vegetal la asociación micorrízica que se encuentra más ampliamente distribuida es la endomicorriza vesículo-arbuscular (VA), siendo ésta superior a 93% (Ferreira-Cerrato, 1977).

Girard y Fortin (1984) encontraron que la mayor parte de las especies de plantas muestreadas presentaron micorriza, encontrándose la micorriza VA principalmente en helechos y plantas herbáceas, mientras que la ectomicorriza en especies leñosas.

Janos (1983) señala que hay especies de hongos micorrízicos cosmopolitas, teniendo una gran cantidad de huéspedes y desarrollándose en cualquier tipo de clima, mientras que otros presentan un hábitat específico, llegando a presentar cierta preferencia por un huésped o hábitat, como es el caso de *Acaulospora foveata* y *Acaulospora tuberculata* las cuales se presentan estrictamente en climas tropicales.

Khan (1974) observó que muchas plantas (97% fanerógamas) que crecen en condiciones normales presentan la relación micorrízica y que las esporas de hongos formadores de micorriza son un componente normal de la microflora del suelo, además de que el grado de colonización varía bajo diferentes condiciones ecológicas.

Trappe *et al* (1977) señalan que especies de más de 200 familias y 1 000 géneros de plantas vasculares en todo el mundo, han sido examinadas y presentan micorriza.

Kendrick y Berch (1984) reportan que la micorriza VA está ampliamente distribuida, presentándose en cerca de 300 000 especies de plantas hospederas.

Así pues, las asociaciones micorrízicas tienen un valor ampliamente conocido para la sobrevivencia de las plantas y ciclo de nutrientes en cualquier ecosistema (clima tropical, templado y aún en condiciones árticas), además que contribuyen significativamente con la productividad de las plantas en la mayoría de los sistemas de producción de cultivos (Hayman, 1982a).

TAXONOMIA.

La taxonomía de la micorriza VA es de gran importancia, ya que al no poder cultivarse en medios artificiales, se dificulta su clasificación. Desde hace tiempo se habían observado sus estructuras a través del microscopio, pero en un principio se pensó que eran dañinas para las plantas. Así Peyronel en 1924 (citado por Trappe y Schenck, 1982), encontró esporocarpos, los cuales estaban asociados con plantas que tenían hongos micorrízicos VA, siendo de hecho el primero en identificar correctamente estos endófitos.

Gerdemann y Trappe (1974) clasificaron a los hongos micorrizicos VA como pertenecientes a la familia Endogonaceae con los géneros: *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Endogone*, *Mordicella* y *Glaziella* formando endomicorriza sólo los cuatro primeros.

La clasificación taxonómica de los hongos formadores de micorriza VA, en base a estudios recientes es como sigue:

Reino.....	Fungi
Subreino.....	Thallophyta
División.....	Amastigomycota
Subdivisión.....	Zigomycotina
Clase.....	Zigomicetes
Orden.....	Endogonales
Familia.....	Endogonaceae
Géneros.....	<i>Glomus</i> , <i>Sclerocystis</i> <i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i> <i>Entrophospora</i> y <i>Scutellospora</i>

(Kendrick y Berch, 1984).

Son seis los géneros conocidos como formadores de micorriza VA en las plantas. Dos de estos forman clamidosporas *Glomus* (Fig. 3) y *Sclerocystis* (Fig. 4); los cuatro restantes *Acaulospora* (Fig. 5), *Gigaspora* (Fig. 6), *Entrophospora* (Fig. 7) y *Scutellospora* (Fig. 8) forman azygosporas.

TIPOS DE UNION DE LA HIFA



a) RECTA

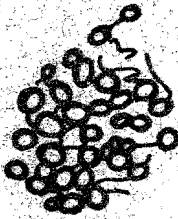


b) CURVEADA

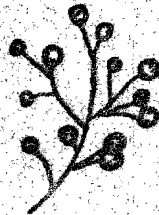


c) EMBUDO

ESPOROCARPO



CELULAS AUXILIARES



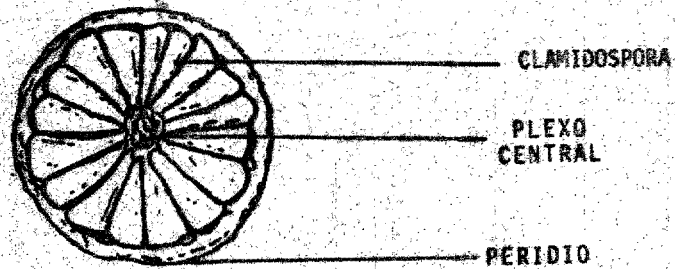
Las clamidosporas se forman en los extremos de las hifas, la pared de la espora puede ser laminar o doble, nacer individualmente en el suelo o en esporocarpos, la unión con la hifa sustentora es recta (a), curvada (b) o en embudo (c) y puede formar células auxiliares.

(Schenck y Pérez, 1987)

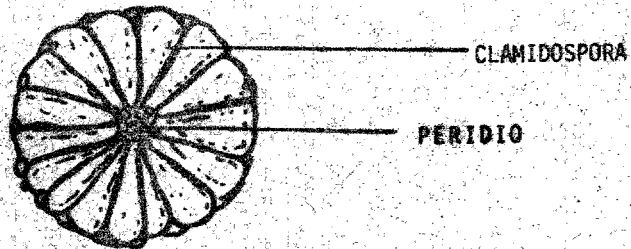
Fig. 3 Clamidospora formada por el género *Glomus*.

ESPOROCARPOS

CON PERIDIO



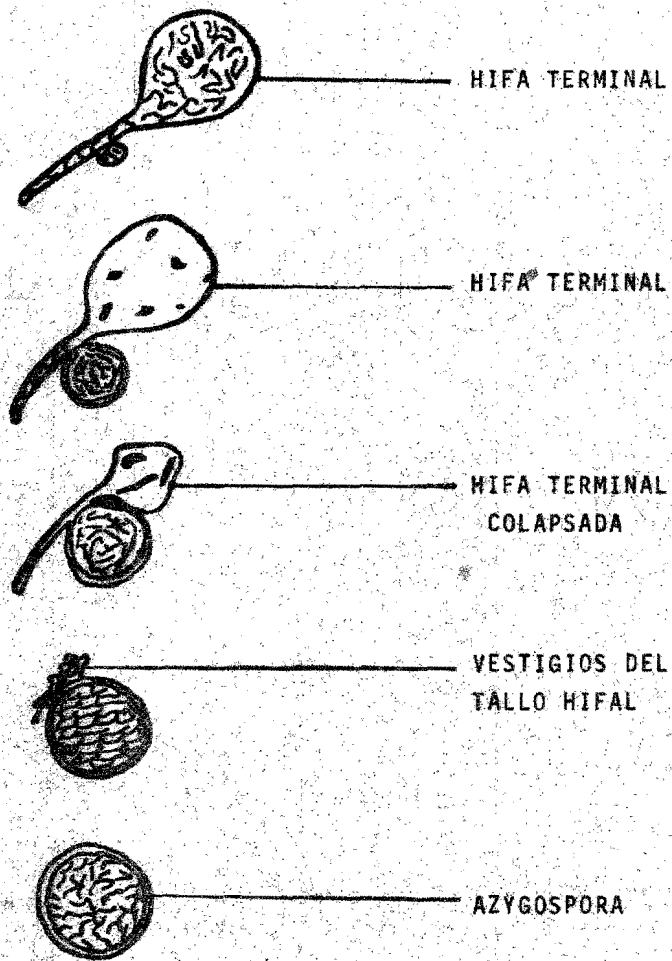
SIN PERIDIO



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

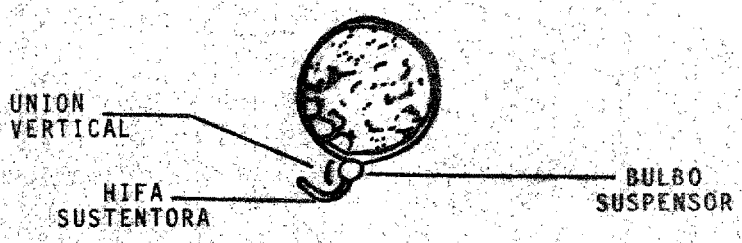
(Schenck y Pérez, 1987)

Fig. 4. Clamidospora formada por el género *Sclerocystis*.



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 esta alcanza la madurez la vesícula se vacía y se colapsa (Schenck y Pérez, 1987)

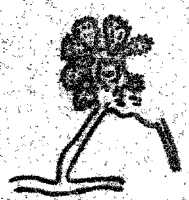
Fig. 5. Azygospora formada por el género *Acaulospora*.



CELULAS AUXILIARES



EQUINADA

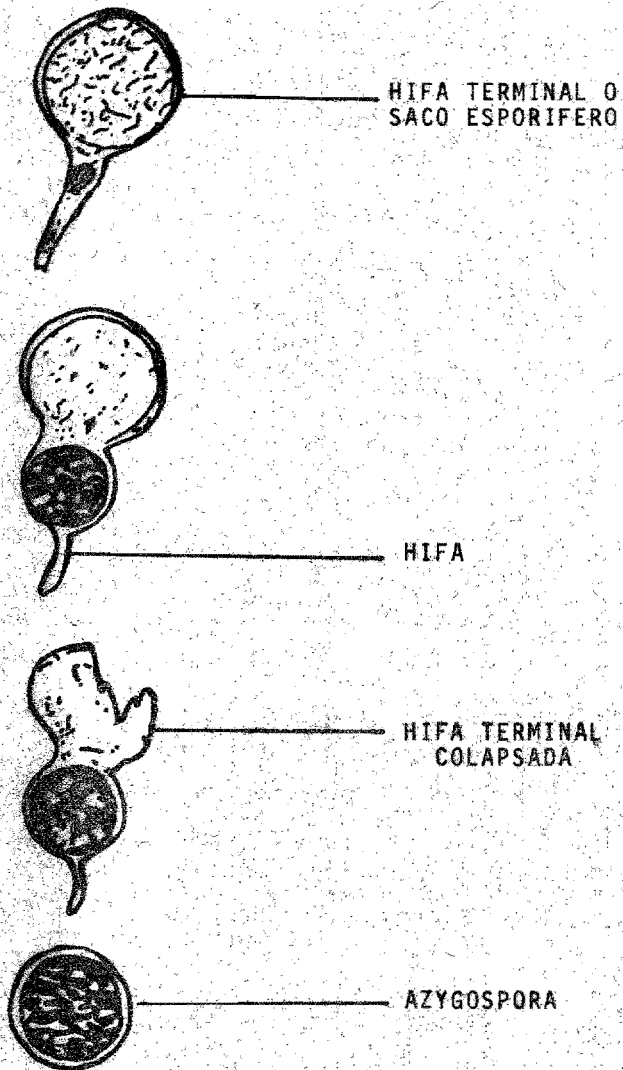


FINAMENTE PAPILADA

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, 1987)

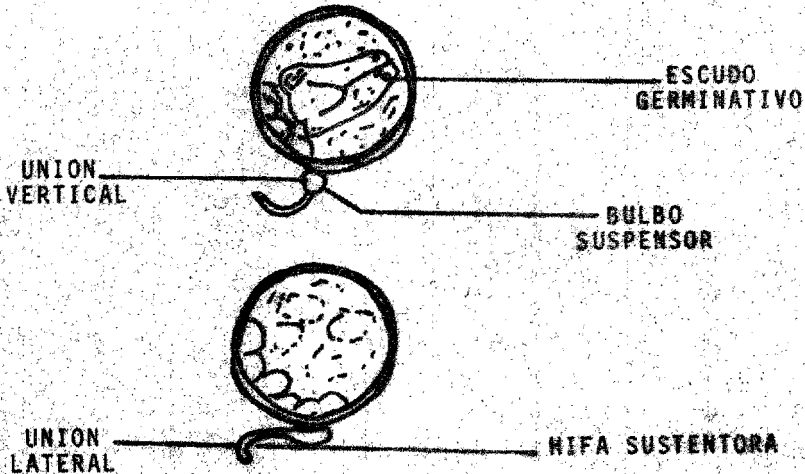
Fig. 6 Azigospora formada por el género *Gigaspora*.



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

Fig. 7 Azygospora formada por el género *Entrophospora*.

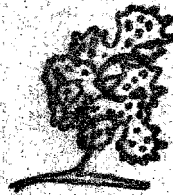
AZYGOSPORA



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 do germinativo. Produce células auxiliares

(Schenck y Pérez, 1987)

Fig. 8 Azygospora formada por el género *Scutellospora*.

Los hongos formadores de micorriza VA, a pesar de ser los más comunes en el mundo, ocurriendo sobre el 90% de las especies de plantas de la tierra y en muchos suelos, su naturaleza fue desconocida hasta hace poco. Se han observado desde hace 100 años o más en las raíces de las plantas, pero sólo en los últimos 30 años es que se han conocido más sus estructuras. Schenck y Pérez (1987) realizaron una clasificación de este tipo de hongos y enlistan un total de 120 especies.

La identificación de estos hongos se ha realizado gracias a la técnica de tamizado en húmedo de Gerdemann y Nicolson (1963), con la cual es posible la obtención de esporas. La morfología de las esporas ha sido la base de su identificación, pero actualmente se realizan estudios anatómicos microscópicos de las esporas con mayor detalle.

FISIOLOGIA

La micorriza VA se caracteriza por la formación de vesículas y arbuscúlos de ahí su nombre. Este tipo de infección presenta hifas aseptadas 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 Gerdemann, 1975; Owusu-Bennoah y Mosse, 1979).



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

Las hifas de la micorriza VA, 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 primera etapa de infección y posteriormente se pueden degradar, encontrándose en la raíz en diferentes estados de degradación. Se les ha considerado que presentan un doble papel, ya que al penetrar a la célula 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 Haselwandter, 1983).

Las vesículas son estructuras terminales ovaladas o esféricas que contienen abundantes gotas de lípidos, y por el momento sólo se les considera como órganos de reserva (Nicolson, 1967; Bonfante-Fasolo, 1984). En la Figura 9 se muestra un esquema general de los componentes característicos de la endomicorriza VA.

Una de las funciones más importantes de los hongos formadores de micorriza es la absorción de los elementos minerales del suelo y su posterior traslocación a la planta -

huesped. La planta por sí sola no puede absorber a través de sus raíces los elementos solubles, que se encuentran en cantidades pequeñas en el suelo y son poco móviles, como es el caso del fósforo, cobre, zinc (Jaen, 1987).

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 fotosíntesis de la planta (Shultz *et al.*, 1979, Jehne, 1980).

Bowen (1980) señala que se mejora la captación de nutrientes, especialmente de los iones poco móviles como es el fósforo, y esto se le atribuye a la extensa y bien distribuida absorción superficial realizada por el micelio externo. Aunque también ayudan a la captación de otros nutrientes esenciales (N, S, Ca, Zn, Cu, K y elementos traza),

Smith (1974) y Shultz *et al.*, 1979, mencionan que el incremento en la captación de fósforo puede resultar de un eficiente bombeo por las raíces micorrizadas, incremento del uso de fósforo soluble en el suelo por la hifa externa y una posible solubilización del fósforo insoluble por el hongo. Además, efectos directos de la micorriza sobre la nutrición mineral de las plantas pueden estar limitados a aquellos nutrientes poco móviles y que están presentes en bajas concen-

traciones en la solución del suelo (como son; P, Zn y Co.).

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 plantas micorrizadas absorbieron 30% del bióxido de carbono incorporado, mientras que las no micorrizadas sólo absorbieron el 18%.

En plantas inoculadas con *Glomus mosseae* el total de carbono fijado y traslocado del tallo a las raíces, resultó 7% más alto en las plantas micorrizadas que en las no micorrizadas (Snellgrove *et al.*, 1982).

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

La inoculación con hongos micorrizicos incrementa la concentración foliar de zinc y cobre y la deficiencia de estos micronutrientes en arboles frutales creciendo en los viveros, se atribuye a la ausencia de micorriza (Lambert *et al.*, 1979; Timmer y Leyden, 1980).

Hardie y Leyton (1981), encontraron que las plantas micorrizadas son menos sensitivas a periodos temporales de

stress de agua que las no micorrizadas. Aparte de que la asociación micorrizica es muy importante en la economía del agua en las plantas, ya que la baja resistencia al transporte de agua por unidad de longitud de las raíces micorrizadas, indica el mejor uso del agua del suelo, esto es debido a que el transporte de agua por la hifa puede ser la cantidad suficiente para la planta.

Otros efectos de la micorriza sobre las plantas pueden ser de tipo hormonal. Así la formación de micorriza VA puede incrementar el nivel de citokininas en la planta hospedera y cambiar el nivel de ácido abscísico y giberelinas -- (Allen *et al.*, 1980).

La asociación micorrizica disminuye la susceptibilidad de la planta hospedera al ataque de otros microorganismos patógenos del suelo como son nemátodos y hongos, (*Phytophthora sp.*, *Thielaviopsis basicola* y *Fusarium oxysporum*). Esto es debido a una reducción del daño del hospedero y a veces a un decrecimiento en 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).

Todo lo anterior nos muestra, que el papel de la micorriza en el desarrollo de las plantas es de gran importancia

para mantener las relaciones naturales en un ecosistema. Ya sea que la micorriza ayude a la planta o bien que esta última no pueda crecer sin la presencia del hongo, como ocurre con *Liquidambar styraciflua*, la cual es altamente dependiente de la simbiosis (micotrófica obligada) (Bryan y Ruehle, 1973). También son importantes a nivel de vivero, ya que por lo regular las plantas se siembran en suelos fumigados y éstos no presentan hongos formadores de micorriza VA (Janos, 1980).

En muchos experimentos se ha comprobado que la micorriza influye grandemente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, comparándose con las plantas no micorrizadas, las que crecen más despacio y presentan problemas nutricionales.

FACTORES QUE AFECTAN LA SIMBIOSIS.

Cualquier factor que pueda aumentar el crecimiento y su pervivencia de la planta en condiciones desfavorables debe tomarse en cuenta para mantener la productividad y estabilidad de la vegetación. En este caso entran las asociaciones micorrízicas, ya que además de elevar el nivel nutricional en la planta, permite reducir la pérdida de nutrientes por lixiviación, al extender su micelio externo en el suelo cerca de las raíces (Haines y Best, 1976). Además existen reportes de que las plantas usan más eficientemente el agua y por lo regular presentan mayor volumen radical que las plan-

tas no micorrizadas (Jehne, 1980; Moawad, 1979; Harley y Smith, 1983).

Los factores que determinan la presencia y abundancia de la asociación micorrizica pueden involucrar mínimamente variables edáficas, climáticas y aquellas relacionadas con la planta hospedera (Koske, 1987).

Barea *et al.*, (1983b) encontraron que las dosis elevadas de fosfatos afectaron negativamente la formación y operatividad de los hongos micorrizicos.

Sander y Tinker (1975) al realizar una fertilización foliar con fósforo en plantas micorrizadas de cebolla, obtuvieron una colonización considerablemente menor que aquellas que no se fertilizaron.

La simbiosis micorrizica puede ser afectada por condiciones de exceso o deficiencia de humedad en el suelo, especialmente en la etapa de germinación de las esporas (Mosse, 1973; Pacios, 1983).

Daniels y Trappe (1980) reportan que niveles de humedad cercanos a la capacidad de campo promueven el grado de germinación de esporas de *Glomus epigaeum*.

El pH del suelo afecta la especificidad del endófito en el suelo. Así se encontró que *Glomus mosseae* es más efectivo que *Glomus fasciculatum* para estimular el crecimiento de la planta a pH 7.6. También se ha encontrado que el pH del medio usado, en el cual crecen los hongos micorrízicos puede afectar la germinación de esporas, crecimiento hifal de la espora, la formación y dispersión micorrízica (Daniels y Trappe, 1980; Siqueira *et al.*, 1982; Davis *et al.*, 1983; Siqueira, 1984).

La temperatura del suelo puede afectar la actividad fisiológica de la asociación micorrízica (Ferrera-Cerrato, - 1983a).

Temperaturas extremas pueden afectar adversamente la simbiosis micorrízica y eliminar los beneficios que de ésta se desprenden. Así la baja temperatura ocasiona efectos negativos sobre el crecimiento de la planta, este fenómeno ha sido atribuido a la incapacidad del hongo micorrízico para establecerse y tomar o transportar el fósforo hacia la planta, y tomar de ella el carbón necesario (Hetrick y Bloom, - 1984).

La mayoría de los hongos formadores de micorriza tienen una temperatura óptima del suelo para establecer la relación simbiótica y sobrevivir a tales condiciones; sin embargo, -

entre cada tipo de hongo puede presentarse una variación considerable.

Se ha observado un efecto estimulador de la luz sobre el desarrollo de la asociación micorrízica, siendo que no sólo reduce la colonización radical y producción de esporas, sino también la respuesta de la planta a la colonización micorrízica (Furlan y Fortin, 1977; Hayman, 1974).

La micorriza es un componente vital en la mayoría de plantas agronómicas y silvestres, sin embargo, existe poca evidencia de los efectos de los pesticidas sobre hongos endomicorrízicos, pero estos pueden ser evaluados y así el pesticida ser usado en forma racional (González, 1986).

Además de factores ambientales como luz y temperatura, las respuestas de crecimiento de las plantas a la inoculación micorrízica, también es afectada por: el grado de micotrofia de la planta, la eficiencia simbiótica del hongo micorrízico y el nivel nutricional del suelo (Hayman y Tavares, 1985).

IMPORTANCIA DE LA MICORRIZA EN LA AGRICULTURA.

La incorporación tecnológica de la micorriza en la producción de los cultivos básicos (frijol, maíz, etc.), se ve frenada por la incapacidad que tiene el hongo de crecer en

medios convencionales de laboratorio, por lo cual se han empleado como fuente de inóculo esporas, suelo y segmentos de raíces infectadas (Ferrera-Cerrato, 1983b).

En nuestros días es ampliamente aceptada que la inoculación de plántulas de árboles forestales con ectomicorriza es un paso muy importante en los diferentes programas de reforestación en aquellas regiones en donde el hongo no existe o es casi inapropiado (Marx, 1980; Candeladrio, 1983).

La incorporación de la micorriza VA en cultivos de interés agrícola no está todavía bien desarrollada, pero hay un gran interés para que ésta sea aplicada (Hayman, 1982b).

Macedo y Ferrera-Cerrato (1981), al realizar un estudio de la distribución de la endomicorriza VA en el norte de Puebla (México), encontraron que está ampliamente difundida en frutales de gran importancia económica, dentro de los que se encuentran: naranjo (*Citrus sinensis*), mango (*Magnifera indica*), aguacate (*Persea americana*), manzana (*Pyrus malus*), durazno (*Prunus persica*), frambuesa (*Rubus idaeus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*).

González (1986) evaluó el efecto de tres hongos endomicorrízicos en cuatro cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) provenientes del cultivo *in vitro* a nivel de vive-

ro. Los hongos micorrizicos empleados fueron efectivos para incrementar el crecimiento de la planta, siendo el cultivar Tioga, el que mejor respuesta mostró a la inoculación con *Glomus macrocarpum* en cuanto a rendimiento (80.9 g/planta) en comparación con el testigo el cual no fructificó.

La fumigación de invernaderos y viveros para contrarrestar la incidencia de hongos fitopatógenos en el sistema radicular de las plantas, ha ocasionado la eliminación parcial o total de los hongos endomicorrizicos, y esto ha ocasionado que el crecimiento y desarrollo de la planta se vean disminuidos. Tal fenómeno puede ser corregido por medio de la inoculación de cepas altamente efectivas e inefectivas de hongos micorrizicos VA.

Varios experimentos indican que el crecimiento de los pastos son incrementados por la colonización micorrizica en suelos extremadamente pobres en fósforo. Los hongos micorrizicos son importantes promotores del crecimiento de las leguminosas especialmente cuando ellas compiten con pastos (Newman, 1985).

Se han encontrado respuestas satisfactorias en duraznos y cítricos, cuando se les inocula a nivel de vivero con micorriza VA, en suelos fumigados, así como también en soya y chícharo, aunque en estas últimas las respuestas fueron menos marcadas (Hayman, 1985).

La inoculación en campo con hongos micorrizicos VA puede tener mayor impacto en los sistemas agrícolas intensivos del trópico, donde los suelos son por lo regular fijadores de fósforo, y los fertilizantes son restringidos por su elevado costo. Además que las altas temperaturas favorecen la actividad microbiana (Hayman, 1985 y Sieverding, 1985).

La adición de fertilizantes es beneficiosa para los cultivos, sin embargo, la mayoría de los suelos marginales son cultivados por pequeños agricultores que no pueden comprar cal o fertilizante. Por lo tanto, el manejo de los hongos formadores de micorriza VA es una tecnología biológica apropiada para quien cultiva tierras marginales (Jaen, 1987).

EFECTO DE LA MICORRIZA VA EN PLANTAS FIJADORAS DE NITROGENO.

Las asociaciones leguminosa-*Rhizobium* sp son las más importantes en la incorporación de nitrógeno en los agroecosistemas. Las plantas relacionadas con nódulos fijadores de nitrógeno en condiciones naturales de suelo por lo regular presentan micorriza VA. Esto tiene gran relevancia ecológica porque la nodulación y fijación de nitrógeno dependen de una adecuada nutrición mineral de la planta hospedera, (en general, plantas que tienen altos requerimientos de fósforo) y los hongos micorrizicos pueden satisfacer estas demandas. Así la micorriza VA no sólo beneficia a la planta misma, si-

no que también potencia la fijación simbiótica de N en los tejidos nodulares (Harley y Smith, 1983).

El establecimiento de esta asociación tripartita fue descrita primeramente por Janse en 1869. Posteriormente Asai en 1944 reportó que la nodulación de varias leguminosas dependen de la formación de la micorriza, mostrando diferentes grados de dependencia y también señaló que especies de *Vicia* y especialmente *Lupinus* presentan poca dependencia de micotrofia (Baréa y Azcón-Aguilar, 1983).

Crush (1974) comparó el desarrollo micorrízico en cuatro leguminosas y encontró que *Lotus pedunculatus* tenía pelos radicales bien desarrollados y fue capaz de crecer bien sin la inoculación micorrízica. Las leguminosas tropicales *Centrosema pubescens* y *Stylosanthes guyanensis*, las cuales forman pocos pelos radicales exhibieron una gran dependencia a la asociación micorrízica; finalmente *Trifolium repens* presentó una posición intermedia en relación a la producción de pelos radicales y respuesta a la micorriza.

Desde un punto de vista ecológico y productivo, las leguminosas son importantes porque pueden obtener dos macronutrientes (N y P) de sistemas biológicos existentes naturalmente. Esta doble asociación no sólo reduce la entrada de fertilizante sintéticos, sino que reduce el costo del siste-

ma en términos de flujo de fotosintatos (Barea y Azcón-Aguilar, 1983).

La doble simbiosis es muy importante por que se han encontrado que las plantas doblemente inoculadas presentan una relación raíz-tallo más baja que las plantas inoculadas con un solo simbionte. Esto parece ser una típica respuesta del mejoramiento en la nutrición mineral, al medir el flujo de fósforo en trébol doblemente inoculado (Asimi *et al*, 1980; Redente y Reeves, 1981; Smith, 1982).

La inoculación micorrizica incrementa el rendimiento y las plantas micorrizadas contienen una alta concentración de N en la parte aérea, comparada con las plantas no micorrizadas (Ross y Harper, 1970; Ross, 1971).

El incremento de biomasa en los tejidos nodulares es inducida por la inoculación micorrizica y trae como consecuencia incrementos en el rendimiento, crecimiento de la planta y mayor contenido de nutrientes en raíz, tallo y semillas (Barea y Azcón-Aguilar, 1983).

OBJETIVOS

GENERALES:

- Estudio de la asociación micorrízica en las especies arbustivas y herbáceas más importantes del Bosque de Zoquiapan en la época de sequía y en la época de lluvia.
- Conocer las especies de hongos micorrízicos más efectivas en su capacidad de asociación con *Phaseolus vulgaris*, con el propósito de incrementar la producción, en dicho cultivo.

PARTICULARES:

- Estudiar la presencia de hongos micorrízicos en el estrato arbustivo y herbáceo del Bosque de Zoquiapan, en las dos estaciones climáticas, lluvia y sequía.
- Emplear *Allium cepa* para conocer el potencial de los hongos micorrízicos, provenientes del Bosque de Zoquiapan, así como para realizar la selección de estos mismos hongos.
- Estudiar el efecto de la asociación micorrízica,

sobre el desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes hábitos de crecimiento y en asociación con *Rhizobium phaseoli*.

HIPOTESIS:

1. En el Bosque de Zoquiapan las especies de hongos micorrízicos juegan un papel importante en el desarrollo del estrato arbustivo y herbáceo y, por lo tanto, las cepas mejoraran el desarrollo de las plantas de *Allium cepa* y *Phaseolus vulgaris* L.
2. No todas las especies de hongos micorrízicos del Bosque de Zoquiapan responderán de igual manera en los diferentes hábitos de crecimiento de frijol en condiciones de invernadero.
3. La colonización micorrízica producirá efectos positivos en el desarrollo, evaluados por altura, diámetro, área foliar, etc. y potenciará la fijación de nitrógeno en los cinco diferentes hábitos de crecimiento de frijol.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en la Sección de Microbiología del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados en Chapingo, México, dividiéndose en varias etapas para su realización.

1. Evaluación ecológica de la micorriza vesículo-arbuscular (VA) del Bosque de Zoquiapan.

1.1. Muestreo en la época de sequía.

Se realizó un muestreo en el Bosque de Zoquiapan de las plantas arbustivas y herbáceas existentes en las asociaciones de: *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, *Pinus montezumae* y *Pinus hartwegii*-*Alnus firmifolia*, el 7 de febrero de 1986, abarcando tres sitios en cada una, cubriendo un área aproximada de 300 m².

Se evaluó en las plantas previamente identificadas taxónicamente, el porcentaje de colonización micorrizica en cada una. Las raíces de las plantas se lavaron con abundante agua, se colocaron en cápsulas de plástico esterilizables, se clarearon con KOH 10% por 10 min a 10 lb de presión, se eliminó el KOH, se enjuagaron, se añadió H₂O₂ 10% por tres minutos, se enjuagaron, se acidificó con HCl 10% agitando por tres minutos. La tinción se realizó agregando azul de

tripano al 5% en lactoglicero] tres minutos a 10 lb de presión (Phillips y Hayman, 1970).

Para la evaluación, las raíces se montaron en cuatro laminillas con 25 segmentos cada una, se observaron al microscopio a 100x, realizando tres pasajes equidistantes en cada una (Phillips y Hayman, 1970).

Se tomaron muestras de suelo de la rizosfera de cada planta para realizar el conteo y separación de esporas, usando la técnica de tamizado en húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963) y el método de centrifugación (Jenkins, 1964). Se utilizaron 100 g de suelo de cada muestra agitándose en dos litros de agua por cuatro minutos, se dejó en reposo por cuatro minutos, con el fin de que las partículas grandes se sedimentaran, posteriormente se tamizó el sobrenadante en tamices de 59 y 44 micras de diámetro, el contenido de los tamices, una vez repetido este procedimiento por cuatro veces se pasó a tubos de centrifugación de 50 ml, se le aplicó agua y se colocaron en la centrífuga a 1800 rpm por cuatro minutos. La materia orgánica se retiró del tubo con la mano y el sobrenadante se decantó en papel filtro, al residuo se le agregó nuevamente agua y 20 ml de solución de sacarosa al 50%, y se centrifugó por dos minutos a 3500 rpm. El sobrenadante obtenido se paso al tamiz de 44 micras enjuagándose con abundante agua para eliminar la sacarosa, posteriormente el con-

tenido del tamiz se colocó en papel filtro para el conteo y la separación con ayuda del microscopio estereoscópico,

Para la separación de esporas, se observaron sus características morfológicas (tamaño, forma, color, contenido citoplasmático y modo de unión a la hifa sustentora, cuando esta se presentaba), para agruparlas en base a características similares.

1.2. Muestreo en la época de lluvia.

Este muestreo se realizó el 6 de agosto de 1986 y se realizó la misma metodología que en la época de sequía.

2. Selección de hongos endomicorrízicos provenientes del Bosque de Zoquiápan.

La planta hospedera que se ocupó para producción de inóculo y selección de los diferentes tipos de esporas obtenidas en la fase anterior fue cebolla (*Allium cepa*), planta altamente micotrófica.

2.1. Esterilización superficial de las semillas.

Se esterilizaron las semillas superficialmente con alcohol por un minuto, se enjuagaron dos veces con agua destilada estéril, se añadió por un minuto cloruro de mercurio 0.1% acidificado, se enjuagaron tres veces con agua destila-

da estéril y se colocaron en cajas de petri estériles hasta el momento de la siembra,

2.2. Suelo y preparación de macetas.

El sustrato ocupado consistió en una mezcla de suelo - arena-materia orgánica (2:2:1), previamente fumigado con Bromuro de Metilo, para lo cual, la mezcla se extendió con un espesor aproximado de 20-25 cm humedeciéndolo antes de la aplicación. Se mantuvo tapado con polietileno por 72 horas y destapándose una semana antes de ser utilizado, para permitir la aireación. Se ocuparon macetas con capacidad de 1 kg desinfectadas previamente con benzaldehído 0.1% y alcohol.

Una vez germinadas las semillas se transplantaron colocando cerca de su raíz 50 esporas, anteriormente separadas.

Cuatro meses después de la siembra, se cosecharon las raíces de cebolla para evaluar el porcentaje de colonización, de acuerdo con la técnica de Phillips y Hayman (1970). En el suelo obtenido se realizó la cuantificación de esporas de igual manera que en los muestreos realizados en el Bosque.

De acuerdo a los datos de mayor colonización (mayor del 50%) y mayor número de esporas, se seleccionaron tres diferentes tipos de hongos micorrizicos VA, los cuales se ocuparon en la fase siguiente.

3. Efecto de la micorriza vesículo-arbuscular (VA) proveniente del Bosque de Zoquiapan en cinco diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Esta fase se realizó en los invernaderos del Colegio de Postgraduados en Chapingo, México. La siembra se realizó el día 2 de febrero de 1987 y la última cosecha el día 22 de abril del mismo año.

3.1. Material biológico,

Se ocuparon cinco diferentes variedades de frijol, proporcionados por el Dr. M. Engelmann del Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados, presentando las siguientes características;

-Cacahuate: Crecimiento determinado (tipo mata), ramas erectas sin producción de nudos sobre el tallo principal después de que se inicia la floración. Origen: México, Hábito de crecimiento I.

-Mich. 12A3: Crecimiento indeterminado, ramas erectas las cuales salen de los nudos inferiores del tallo principal, cobertura foliar compacta y producción de nudos sobre el tallo principal, después de iniciada la floración. Origen: México. Hábito de crecimiento II.

- Puebla 351: Crecimiento indeterminado, generalmente presenta capacidad para trepar, con muchas ramas, altura menor de 2 m. Origen: México. Hábito de crecimiento IIIb.
- A 1293: Crecimiento indeterminado, gufa mediana o larga con capacidad para trepar, con pocas ramas y floración precoz. Origen: México. Hábito de crecimiento - IIIc.
- F 320 Astoyan: Crecimiento indeterminado, con bastante capacidad para trepar, produce bastantes nudos sobre el tallo principal después de iniciada la floración, altura mayor de 2 m. Origen: México. Hábito de crecimiento IV. (Solorzano, 1982; Gardezi, 1986).

Se utilizó también una cepa de *Rhizobium phaseoli* CP-MEX 1 (altamente efectiva), con las características siguientes:

Clave de origen: EL-63

Clave: CP-MEX 1

Origen: Texcaltepec, Hidalgo

Hábito de crecimiento de origen: III

Crecimiento: rápido

Gram: negativo (-)

Antibiograma: Resistente a furadantina (50 mg), sulfametoxazol (25 mg), cefalaspantina (30 mg), ac. nalidixico (30 mg).

Reacción Extracto de Levadura Manito Agar Azul de Bromotimol (ELMAAB): ácida,

Reacción de Leche Tornasolada: Formación ligera zona de suero.

Tolerancia al NaCl: negativa

Tolerancia a la acidez: (pH 4,5) negativa

Reducción de Tetrazolium: negativa

Cepa altamente efectiva en los hábitos de crecimiento I, II, III y IV (Rodríguez, 1983).

3.2. Suelo y preparación de macetas.

El suelo se obtuvo de los terrenos de Lomas de San Juan Municipio de Texcoco, México. El análisis físico-químico del suelo se presenta en el cuadro A-1 del apéndice. Este se esterilizó con bromuro de metilo quince días antes de la siembra.

Se ocuparon bolsas de polietileno con capacidad de 1.5 kg, desinfectadas previamente con alcohol 95% y posteriormente se llenaron con suero previamente fumigado.

3.3. Desinfección de semillas y siembra.

Después de la desinfección, se utilizaron para la siembra charolas de plástico de 35 cm de largo por 20 cm de ancho. En la campana de flujo laminar se le agregaron a la charola 1200 ml de agua destilada estéril y 3 kg de tezon-

tle esterilizado para formar un sustrato de 5 cm de profundidad.

Se sembraron 50 semillas de cada variedad colocándolas a 1 cm de profundidad. Las charolas se cubrieron con papel manila y cuando las plántulas empezaron a emerger se retiró la cubierta. Se ocupó almácigo para obtener uniformidad en las plántulas utilizadas.

3.4. Transplante e inoculación.

Las plántulas se transplantaron el día 10 de febrero, ocho días después de la siembra. El suelo de las bolsas de polietileno se humedeció, se colocaron 3,5 gr de inóculo, el cual contenía suelo con esporas y raíces colonizadas con micorriza VA del género *Glomus spp.* (se ocuparon tres diferentes inóculos micorrízicos con una colonización de 50, 56 y 60% respectivamente). Se colocó una plántula en cada bolsa cubriéndola con suelo hasta donde se inicia el tallo de la misma. El 11 de febrero se inoculó con 1 ml de de la cepa de *Rhizobium phaseoli* CP-MEX y se cubrieron con tezontle esterilizado.

3.5. Tratamientos y diseño experimental.

Las macetas fueron colocadas en el invernadero y distribuidas aleatoriamente.

Los tratamientos utilizados se muestran en el Cuadro I.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento y repeticiones.

Variedad de frijol	No. Tratamiento	Tratamiento	Repeticiones
Cacahuate Hábito de Crecimiento I	1	Testigo (T)	3
	2	<i>Rhizobium</i> (R)	3
	3	Micorriza 1 (M ₁)	3
	4	Micorriza 2 (M ₂)	3
	5	Micorriza 3 (M ₃)	3
	6	M ₁ + R	3
	7	M ₂ + R	3
	8	M ₃ + R	3
Mich. 12A3 Hábito de Crecimiento II	9	Testigo (T)	3
	10	<i>Rhizobium</i> (R)	3
	11	Micorriza 1 (M ₁)	3
	12	Micorriza 2 (M ₂)	3
	13	Micorriza 3 (M ₃)	3
	14	M ₁ + R	3
	15	M ₂ + R	3
	16	M ₃ + R	3
Puebla 35 I Hábito de Crecimiento IIIb	17	Testigo (T)	3
	18	<i>Rhizobium</i> (R)	3
	19	Micorriza 1 (M ₁)	3
	20	Micorriza 2 (M ₂)	3
	21	Micorriza 3 (M ₃)	3
	22	M ₁ + R	3
	23	M ₂ + R	3
	24	M ₃ + R	3
A 1293 Hábito de Crecimiento IIIc	25	Testigo (T)	3
	26	<i>Rhizobium</i> (R)	3
	27	Micorriza 1 (M ₁)	3
	28	Micorriza 2 (M ₂)	3
	29	Micorriza 3 (M ₃)	3
	30	M ₁ + R	3
	31	M ₂ + R	3
	32	M ₃ + R	3
F320 Astoyan* Hábito de Crecimiento IV	33	Testigo (T)	3
	34	<i>Rhizobium</i> (R)	3
	35	Micorriza 1 (M ₁)	3
	36	Micorriza 2 (M ₂)	3
	37	M ₁ + R	3
	38	M ₂ + R	3

* Esta variedad de frijol no se inoculó con micorriza 3 por falta de material biológico.

Se utilizó un diseño factorial incompleto, con 5 variedades de frijol, 4 niveles de micorriza y 2 niveles de *Rhizobium*, dando un total de 114 unidades experimentales.

3.6. Evaluación de variables y análisis estadístico.

Al momento de alcanzar el 50% de floración se cosecharon las plantas, variando esta etapa para cada variedad. Así, el 17 de marzo de 1987 se cosechó la variedad Cacahuatlé, el 24, 26 y 29 del mismo mes se cosecharon Mich 12A3, Puebla 35 I y A 1293 respectivamente, por último el 22 de abril se cosechó la variedad F 320 Astoyan.

Las variables determinadas fueron: altura (cm), peso seco total (g), diámetro del tallo (mm), área foliar (cm²), volumen radical (cm³), número de nódulos, actividad nitrogenosa, porcentaje de colonización y número de esporas. Estas variables fueron analizadas estadísticamente, obteniéndose el análisis de varianza y las comparaciones de medias en cada tratamiento, esta separación de medias se hizo de acuerdo a la prueba de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

RÉSULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan de acuerdo a las etapas realizadas.

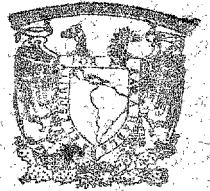
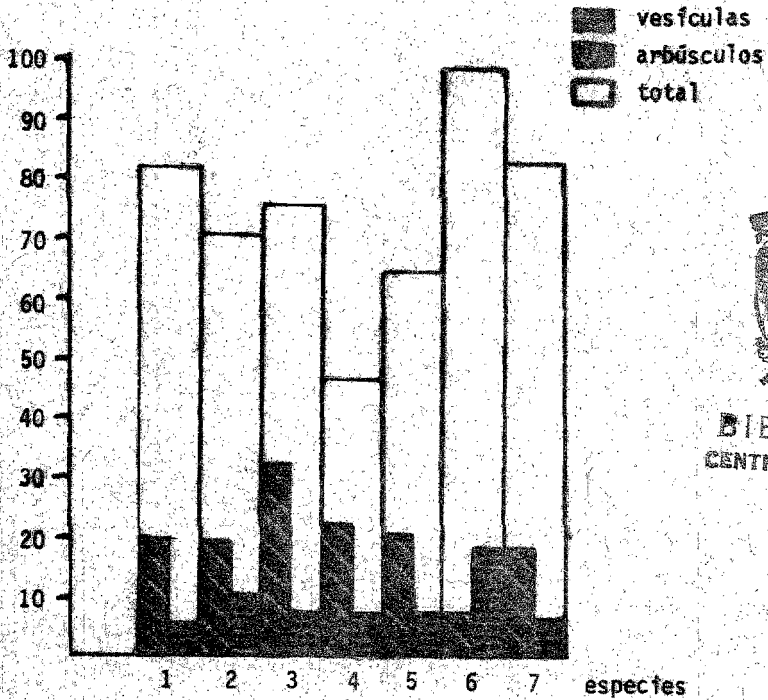
1. Evaluación ecológica de la asociación micorrizica en el estrato arbustivo y herbáceo del Bosque de Zoquiapan en época de sequía.

En la asociación de *Pinus montezumae* se colectaron siete especies de plantas, en las cuales la mayor colonización se presentó en *Chaptalia sp* con 98%, siguiéndole en orden decreciente *Geranium seemanii* y *Penstemon gentianoides* con 82 y 81% respectivamente, la mínima colonización se encontró en *Buddleia parviflora* con sólo 45%. La manifestación de los arbusculos en todas las plantas es mayor que de las vesículas, excepto en *Chaptalia sp*, en tal especie se puede comprobar que la colonización está en un estado más avanzado que en las otras especies. El mayor número de arbusculos se encontró en *Stevia sp* con 32%. La incidencia de vesículas en casi todas las plantas fué bajo, siendo el mayor porcentaje el de *Alchemilla procumbens* con sólo 18% (Fig. 10).

En cuanto al número de esporas encontradas el mayor número se encontró en *Geranium seemanii* con 213 esporas/100 g de suelo, siguiéndole *Buddleia parviflora* y *Penstemon genti*

Especies

1. *Penstemon gentianoides*
2. *Alchemilla procumbens*
3. *Stevia* sp.
4. *Buddleia parviflora*
5. *Senecio cinerarioides*
6. *Chaptalia* sp
7. *Geranium seemanii*



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

Fig. 10. Porcentaje de colonización micorrizica VA en siete especies de plantas de la asociación del *Pinus mon* *tezumae*, en la época de sequía.

noides con 160 y 153 esporas/100 g de suelo respectivamente. El menor número se encontró en *Alchemilla procumbens* con sólo 61 esporas/100 g de suelo (Cuadro 2). El promedio de esporas encontradas fue de 129/100 g de suelo. El género dominante fue *Glomus*, aunque también se encontró *Acaulospora scrobiculata*.

Cuadro 2. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Pinus montezumae* en la época de sequía.

ESPECIES	No. esporas/100 g suelo
<i>Penstemon gentianoides</i>	153
<i>Alchemilla procumbens</i>	61
<i>Stevia</i> sp	87
<i>Buddleia parviflora</i>	160
<i>Senecio cinerarioides</i>	138
<i>Chaptalia</i> sp	87
<i>Geranium seemanii</i>	213

En la asociación de *Abies religiosa* se encontraron colonizaciones de 73, 72 y 70% en *Geranium* sp, *Penstemon gentianoides* y *Rubus pringlei* respectivamente, siendo estas las más altas. La menor colonización se encontró en *Per--nettya ciliata* con 48%. La expresión de las estructuras en esta asociación cambió, así los arbuscúlos se encontraron mayormente expresados en *Penstemon gentianoides* con 34% y en las otras especies su expresión fluctuó de 0 a 18%. En

el caso de las vesículas la expresión varió de 0 a 35% encontrándose mayormente expresadas en *Geranium sp.* La colonización promedio en esta asociación fue de 74% (Fig. 11).

El número de esporas encontradas en promedio fue más bajo (87 esporas/100 g de suelo), el mayor número se encontró en *Buddleia parviflora* y *Rubus pringlei* con 120 y 119 esporas/100 g de suelo respectivamente. El menor número de esporas se encontró en *Geranium sp* con sólo 55 esporas/100 g de suelo (Cuadro 3). El género dominante fue *Glomus* siguiéndole *Acaulospora*.

Cuadro 3. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Abies religiosa* en la época de sequía.

ESPECIES	No. esporas/100 g suelo
<i>Penstemon gentianoides</i>	84
<i>Buddleia parviflora</i>	120
<i>Geranium sp</i>	55
<i>Plúchea adnata</i>	64
<i>Senecio barba-johannis</i>	86
<i>Pernettya ciliata</i>	82
<i>Rubus pringlei</i>	119

En la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii*, la colonización que se presentó en promedio fue de 63%, -

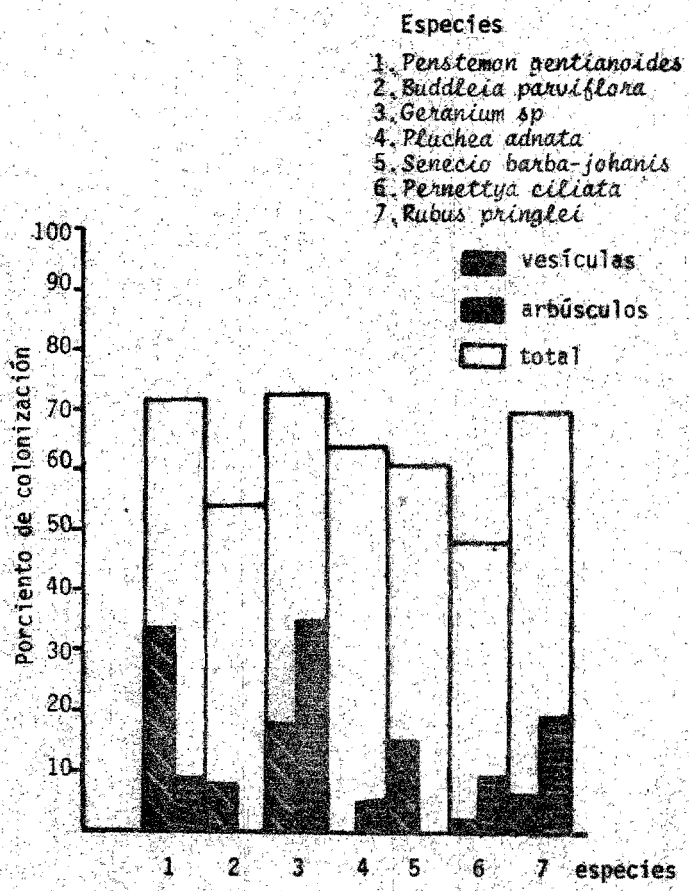


Fig. 11. Porcentaje de colonización micorrizica VA en siete especies de plantas de la asociación de *Abies religiosa*, en la época de sequía.

siendo el promedio más bajo el que presentó *Pernettya ciliata* con sólo 52%. *Senecio barba-johannis* y *Sibthorpia repens* presentaron una colonización de 91 y 89% respectivamente. La expresión de los arbusculos varió desde 0% en *Pernettya ciliata* hasta 16% en *Penstemon gentianoides*. Las vesículas se encontraron mayormente expresadas, variando su rango de 4% en *Senecio cinerarioides* hasta 24% en *Geranium sp* (Fig. 12).

El número de esporas comparadas con las otras asociaciones fue la más alta, con un promedio de 226 esporas/100 g de suelo. *Penstemon gentianoides*, *Senecio cinerarioides* y *Senecio barba-johannis* presentaron cantidades arriba del promedio, siendo éstas de 264, 243 y 261 esporas/100 g de suelo respectivamente. El menor número de esporas se encontró en *Pernettya ciliata* con sólo 163 esporas/100 g de suelo. Esta especie también presentó la menor colonización (Cuadro 4). Aunque en esta asociación el género *Glo-mus* fue el dominante, también se encontraron especies de los géneros *Scutellospora*, *Entrophospora* y *Acaulospora*.

En la asociación de *Pinus hartwegii*, se colectó un menor número de especies, las cuales presentaron en promedio una colonización mayor que las otras asociaciones anteriores, presentando los siguientes valores: *Penstemon gentianoides* y *Alchemilla procumbens* 88%, *Sibthorpia repens* 86%,

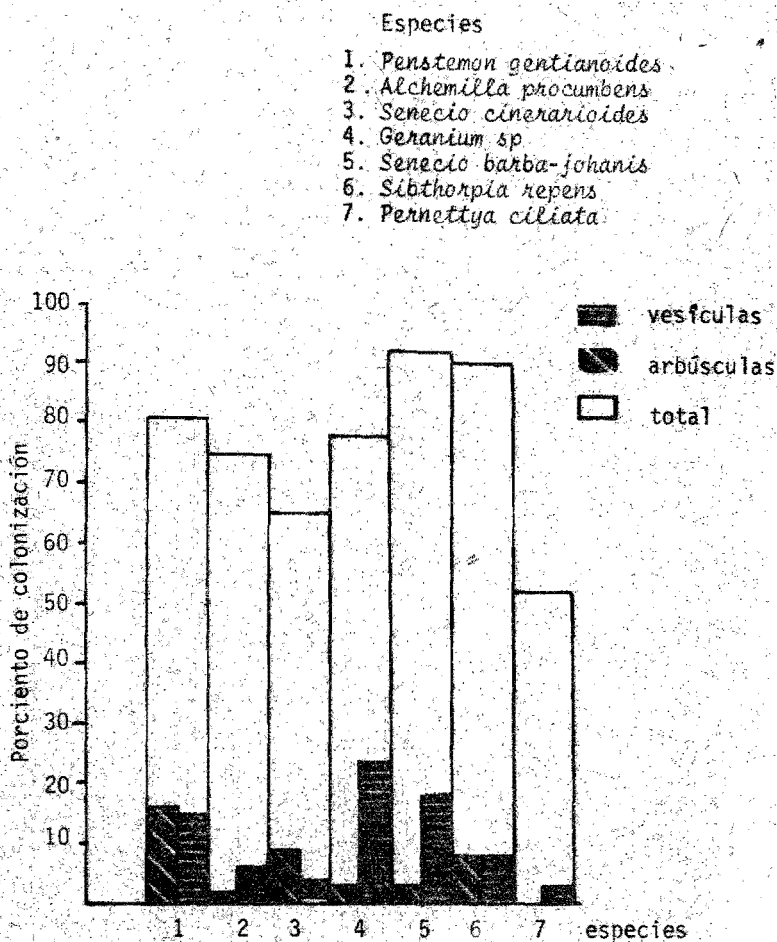


Fig. 12 Porcentaje de colonización micorrízica VA en siete especies de plantas de la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii*, en la época de sequía.

Cuadro 4. Relación de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* en la época de sequía.

E S P E C I E S	Nº. esporas/100 g suelo
<i>Penstemon gentianoides</i>	264
<i>Alchemilla procumbens</i>	226
<i>Senecio cinerarioides</i>	243
<i>Geranium sp</i>	221
<i>Senecio barba-johannis</i>	261
<i>Sibthorpia repens</i>	202
<i>Pernettya ciliata</i>	163

Ribes ciliatum 84% y *Senecio cinerarioides* con 76%. En cuatro especies la incidencia de arbuscúlos estuvo mayormente expresada que las vesículas, con un rango de 4% en *Sibthorpia repens* hasta 66% en *Penstemon gentianoides*; la expresión de las vesículas varió de 3% en *Ribes ciliatum* hasta 27% en *Penstemon gentianoides*. En esta asociación se observa que *Penstemon gentianoides* es una planta susceptible de colonizarse por la micorriza VA, pudiendo ser una especie obligada, ya que se encuentra colonizada, con valores elevados en las otras tres asociaciones vegetales (Fig. 13).

El número de esporas encontradas en esta asociación - presentó un promedio de 125 esporas/100 g de suelo. Con el

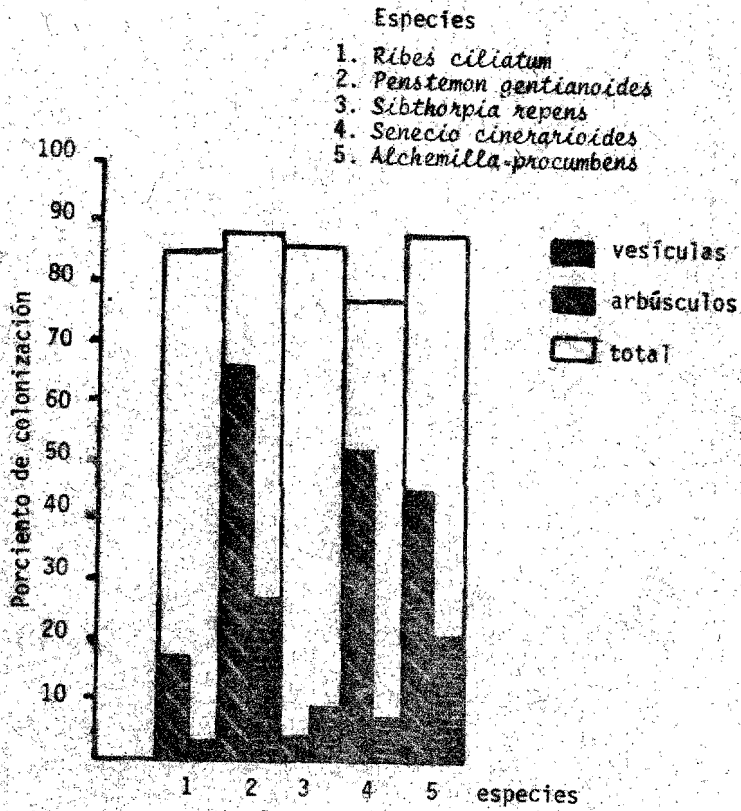


Fig. 13. Porcentaje de colonización micorrizica VA en cinco especies de plantas de la asociación de *Pinus hartwegii*, en la época de sequía.

mayor número en *Penstemon gentianoides* (153 esporas/100 g de suelo) y el menor en *Senecio cinerarioides* (104 esporas/100 g de suelo). El género dominante fue solamente *Glomus* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Pinus hartwegii* en la época de sequía.

E S P É C I E S	Nó. esporas/100 g suelo
<i>Ribes ciliatum</i>	140
<i>Penstemon gentianoides</i>	153
<i>Sibthorpia repens</i>	119
<i>Senecio cinerarioides</i>	104
<i>Alchemilla procumbens</i>	106

Las familias a las cuales pertenecen las especies anteriores, son la Compositae con cinco especies, Scrophulariaceae, Rosaceae y Geraniaceae con dos individuos por familia y las familias Loganiaceae, Ericaceae y Saxifragaceae con un individuo para cada una.

Las especies en las cuales se expresó mayormente el efecto de la micorriza VA son *Penstemon gentianoides* en cuanto a colonización total en la asociación de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*. En tres asociaciones esta especie, tuvo también la mayor incidencia de arbuscúlos y en dos el mayor

número de esporas encontradas.

Kovacic *et al* (1984) realizaron un estudio de la presencia de micorriza VA en dos tipos de bosque y a una especie del género *Penstemon*, no la encontraron micorrizada en ninguno de los dos tipos de bosque. Estos datos no concuerdan con los de nosotros, ya que este género se presenta como susceptible a la micorriza VA.

El género que también sobresalió fue *Geranium spp* ya que presentó el mayor número de esporas en la asociación de *Abies religiosa*. En dos asociaciones presentó la mayor incidencia de vesículas. Aunque en la asociación de *Pinus hartwegii* no se haya presentado, debido a las condiciones prevaletientes en dicha asociación vegetal, así como a las necesidades de la planta misma.

En este estudio se comprueba lo citado por Girard y Fortin (1984), los cuales reportan que la misma especie de planta, puede encontrarse a través de diferentes asociaciones vegetales; sin embargo, la intensidad de colonización varía, dependiendo esto de la micotrofia de la planta, así como de la efectividad del hongo micorrizico,

En general el mayor promedio de colonización se presentó en la asociación de *Pinus hartwegii*, y el menor en la

asociación de *Abies religiosa*, En cuanto al número de esporas el mayor promedio se presentó en la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* y el menor en la asociación de *Abies religiosa*. Como se observa en cada asociación fue diferente el grado en el cual se manifestaron los hongos micorrízicos, dando como resultado diferentes niveles relacionados con el proceso de colonización, y esto es porque cuando en dicha colonización sólo se presentan hifas es indicio de una colonización temprana, así le siguen los arbuscúlos, después las vesículas y por último las esporas (Aguirre, - 1985; Jaen *et al.*, 1987).

En la especie *Pernettya ciliata* de la asociación de *Abies religiosa* su baja colonización por hongos micorrízicos VA, posiblemente se debió a que presentaba otro tipo de colonización. Esta colonización consistió en un enrollamiento de hifas septadas dentro de las células vegetales. El tipo de micorriza que se presenta en miembros de la familia Ericaceae, es precisamente el de micorriza ericacea.

2. Evaluación ecológica de la asociación micorrízica en el estrato arbustivo y herbáceo del Bosque de Zoquiapan en época de lluvia.

En esta época el número de especies vegetales fue mayor que en la de sequía, debiéndose posiblemente a las condiciones de temperatura y humedad del suelo, así como tam-

bién al ciclo de vida de las plantas, ya que no sólo aumentó el número de especies sino que la flora cambió marcadamente entre ambas estaciones climáticas.

En la asociación de *Pinus montezumae* se muestrearon once especies con una colonización promedio de 64%. La máxima colonización se presentó en *Lithospermum distichum* con 94% y colonizaciones menores del promedio en *Alchemilla procumbens*, *Oenothera deserticola* y *Castilleja tenuiflora* con 53, 47 y 26% respectivamente. La expresión de los arbusculos en general fué bajo excepto para *Acaena elongata* la cual presentó un porcentaje de 43%, en las demás especies la expresión de estas estructuras fluctuó de 1% en *Festuca amplissima* a 16% en *Alchemilla procumbens*. Las vesículas se encontraron en mayor porcentaje en *Festuca amplissima* y *Lithospermum distichum* (20 y 19% respectivamente). En la especie *Stenanthium frigidum* no se presentaron vesículas, en las otras ocho especies la expresión de vesículas fluctuó de 1% en *Commelina alpestris* hasta 8% en *Oenothera deserticola* y *Symphoricarpos microphyllus* (Fig. 14).

El número de esporas encontradas en promedio fue de 95 esporas/100 g de suelo. En *Stenanthium frigidum*, *Festuca amplissima*, *Commelina alpestris* y *Symphoricarpos microphyllus* se encontraron valores arriba del promedio (169, 137, 133 y 119 esporas/100 g de suelo respectivamente). El menor

ESPECIES

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Commelina alpestris</i> | 7. <i>Festuca amplissima</i> |
| 2. <i>Senecio callosus</i> | 8. <i>Castilleja tenuiflora</i> |
| 3. <i>Oenothera deserticola</i> | 9. <i>Acaena elongata</i> |
| 4. <i>Simphoricarpos microphyllus</i> | 10. <i>Stenanthium frigidum</i> |
| 5. <i>Achillea millefolium</i> | 11. <i>Lithospermum distichum</i> |
| 6. <i>Alchemilla procumbens</i> | |

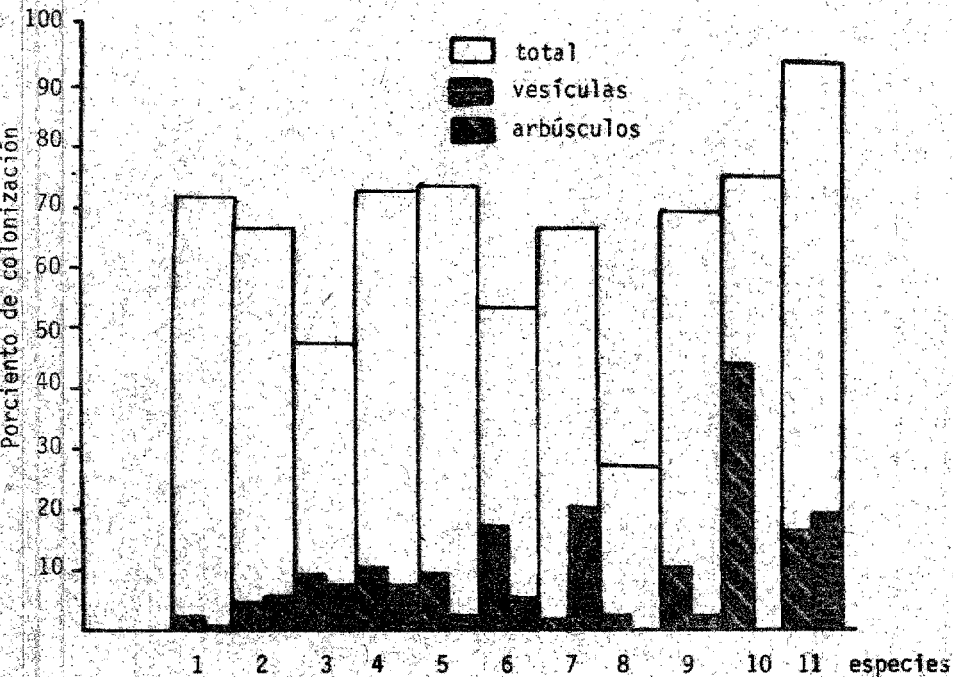


Fig. 14 Porcentaje de colonización micorrizica VA en once especies de plantas de la asociación de *Pinus montezumae*, en la época de lluvia.

número se encontró en *Acaena elongata* y *Achillea millefolium* con sólo 40 esporas/100 g de suelo (Cuadro 6). Se encontraron especies del género *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora*.

Cuadro 6. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Pinus montezumae* en la época de lluvia.

E S P E C I E S	No. esporas/100 g suelo
<i>Commelina alpestris</i>	133
<i>Senecio callosus</i>	66
<i>Oenothera deserticola</i>	80
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	119
<i>Achillea millefolium</i>	40
<i>Alchemilla procumbens</i>	92
<i>Festuca amplissima</i>	137
<i>Castilleja tenuiflora</i>	92
<i>Acaena elongata</i>	40
<i>Stenanthium frigidum</i>	169
<i>Lithospermum distichum</i>	75

En la asociación de *Abies religiosa* se colectaron ocho especies de plantas con una colonización promedio de 75%. La máxima colonización se presentó en *Senecio callosus* con 96% y *Senecio sinuatus* con 80%, arriba del promedio. Se -

presentaron colonizaciones mínimas de 64 y 65% en *Alchemilla procumbens* y *Eupatorium prunellae-folium* respectivamente. En la especie *Solanum demissum* no hubo aparición de vesículas y arbusculos sino solamente hifas. Los arbusculos estuvieron mayormente expresados que las vesículas excepto *Eupatorium pazcuarensis*. El rango de colonización por arbusculos varió de 7% en *Eupatorium pazcuarensis* hasta 23% en *Eupatorium prunellae-folium*, las vesículas variaron de 0 en *Senecio callosus* hasta 14% en *Alchemilla procumbens* (Fig. 15).

El número promedio de esporas fue de 104/100 g de suelo. En *Geranium latum*, *Solanum demissum* y *Eupatorium prunellae-folium* se encontraron valores arriba del promedio, siendo estos de 171, 165 y 158 esporas/100 g de suelo respectivamente. Cinco especies presentaron valores abajo del promedio, presentándose los más bajo en *Eupatorium pazcuarensis*, *Alchemilla procumbens* y *Senecio callosus* con valores de 53, 61 y 65 esporas/100 g de suelo respectivamente (Cuadro 7). El género dominante fue *Glomus*, pero también se encontraron especies de *Scutellospora* y *Acaulospora*.

En la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* el promedio de colonización fue de 73%. Las mayores colonizaciones se presentaron en *Commelina alpestris*, *Senecio sinuatus* y *Geranium potentillaefolium*, con 84, 82 y 78% res-

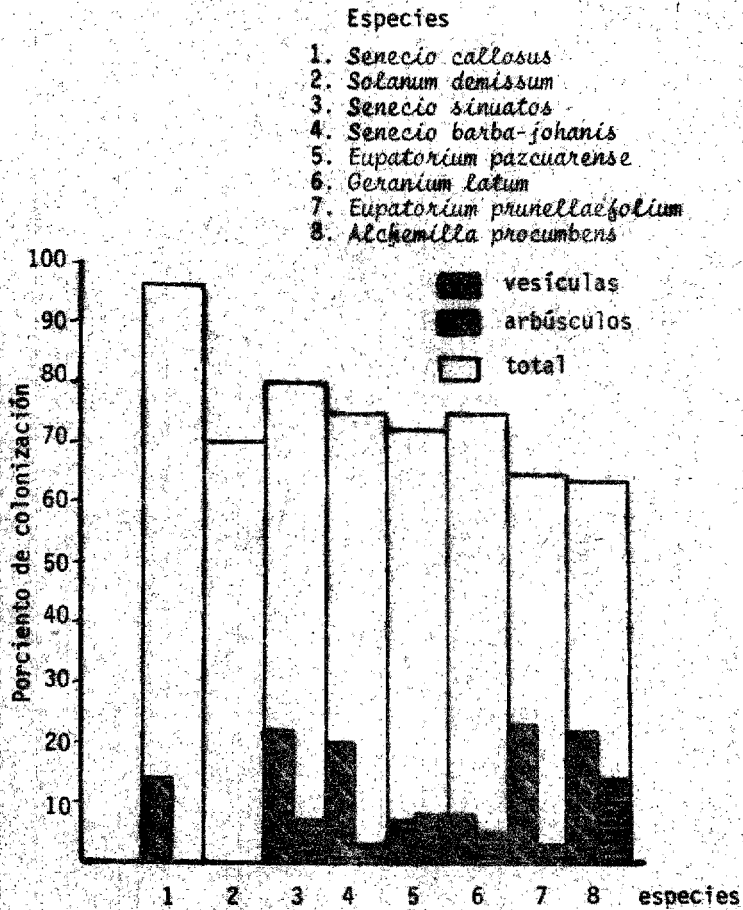


Fig. 15 Porcentaje de colonización micorrizica VA en ocho especies de plantas de la asociación de *Abies religiosa*, en la época de lluvia.

Cuadro 7. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Abies religiosa* en la época de lluvia.

E S P E C I E S	No. esporas/100 g suelo
<i>Senecio callosus</i>	65
<i>Solanum demissum</i>	165
<i>Senecio sinuatos</i>	69
<i>Senecio barba-johannis</i>	91
<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	53
<i>Geranium latum</i>	171
<i>Eupatorium prunellaeifolium</i>	158
<i>Alchemilla procumbens</i>	61

pectivamente. Las especies que presentaron colonizaciones por abajo del promedio fueron *Geranium cruceroense* con 70%, *Alchemilla procumbens* y *Senecio barba-johannis* con 69% y *Penstemon gentianoides* con sólo 65%. La incidencia de arbusculos varió de 0% en *Geranium potentillaeifolium* a 26% en *Lupinus campestris* y las vesículas variaron de 4% en *Comelina alpestris* y *Alchemilla procumbens* hasta 16% en *Senecio barba-johannis* (Fig. 16).

El número de esporas encontradas en promedio para esta asociación fue de 87 esporas/100 g de suelo. Se encontraron valores de 152 esporas/100 g de suelo en *Senecio barba-*

1. *Commelina alpestris*
2. *Geranium potentillaefolium*
3. *Senecio sinuatos*
4. *Alchemilla procumbens*
5. *Lupinus campestris*
6. *Geranium cruceroense*
7. *Penstemon gentianoides*
8. *Senecio barba-johannis*

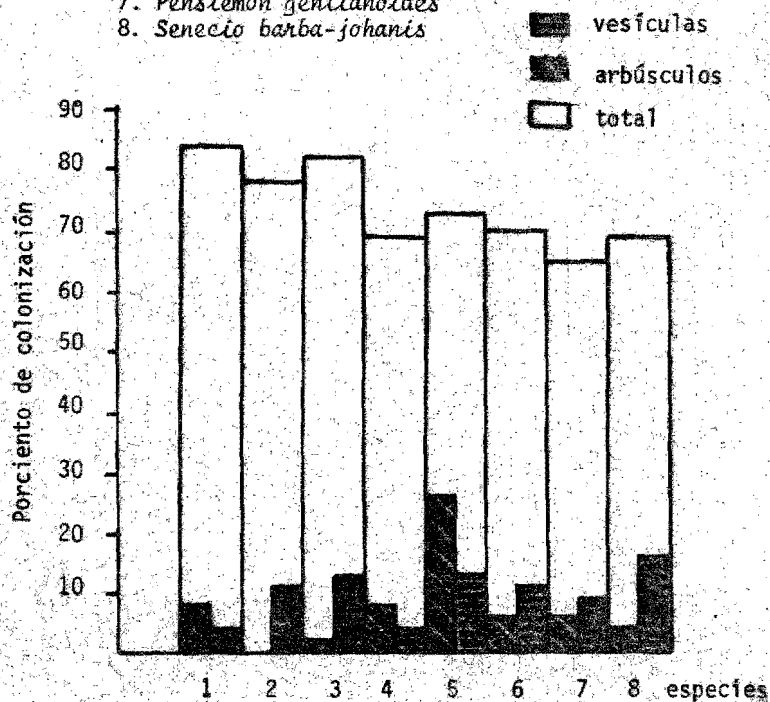


Fig. 16 Porcentaje de colonización micorrizica VA en ocho especies de plantas de la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii*, en la época de lluvia.

johannis y *Lupinus campestris* como los más altos y de 50 esporas/100 g de suelo en *Commelina alpestris* y *Geranium cruce*
roense como los más bajos (Cuadro 8). El género dominante en esta asociación fue *Glomus*, aunque también se encontraron especies del género *Gigaspora* y *Scutellospora*.

Cuadro 8. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* en la época de lluvia.

E S P E C I E S	No. esporas/100 g suelo
<i>Commelina alpestris</i>	50
<i>Geranium potentillae-folium</i>	58
<i>Senecio sinuatos</i>	106
<i>Alchemilla procumbens</i>	61
<i>Lupinus campestris</i>	152
<i>Geranium cruce-roense</i>	50
<i>Penstemon gentianooides</i>	64
<i>Senecio barba-johannis</i>	152

En la asociación de *Pinus hartwegii* se colectaron ocho especies con una colonización promedio de 59%, la cual comparada con las otras tres asociaciones es la más baja. Colonizaciones arriba del promedio se encontraron en *Eringium proteaeflorum* y *Vaccinium geminiflorum* con 78%, *Eupatorium*

prunellaefolium con 67%, *Potentilla candicans* con 64% y *Selloa plantaginea* con 63%. Las menores colonizaciones se encontraron en *Commelina alpestris*, *Alchemilla procumbens* y *Geranium potentillaefolium* con 53, 47 y 22% respectivamente. Las vesículas y arbúsculos en esta asociación se expresaron poco. No se encontraron estas estructuras en: *Commelina alpestris*, *Selloa plantaginea*, *Geranium potentillaefolium* y en *Potentilla candicans* sólo las vesículas se expresaron con un porcentaje de tan sólo 2%. En las otras cuatro especies la incidencia de arbúsculos varió de 5% en *Eupatorium prunellaefolium* a 17% en *Alchemilla procumbens*, la incidencia de vesículas varió de 5% en *Eupatorium prunellaefolium* a 11% en *Alchemilla procumbens* (Fig. 17).

En cuanto al número de esporas encontradas en promedio, en esta asociación se observa el valor más bajo (83 esporas/100 g de suelo). En *Eupatorium prunellaefolium*, *Potentilla candicans* y *Eringium proteaeflorum* se encontraron valores de 122, 110 y 101 esporas/100 g de suelo respectivamente, siendo estos los más altos. En *Commelina alpestris* y *Alchemilla procumbens* se presentaron los valores más bajos (51 y 54 esporas/100 g de suelo respectivamente). Cuadro 9. El único género encontrado en esta asociación fue *Glomus*.

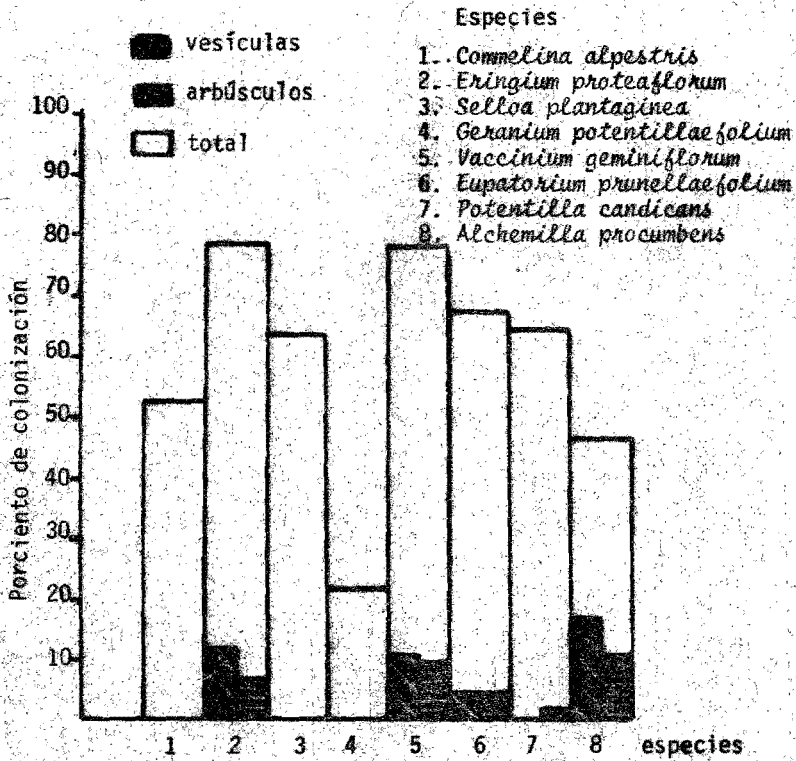


Fig. 17 Porcentaje de colonización micorrízica VA en ocho especies de plantas de la asociación de *Pinus hartwegii*, en la época de lluvia.

Cuadro 9. Relación del número de esporas encontradas en las diferentes especies de la asociación de *Pinus hartwegii* en la época de lluvia.

E S P E C I E S	No. esporas/100 g suelo
<i>Commelina alpestris</i>	51
<i>Eringium proteaeflorum</i>	101
* <i>Selloa plantaginea</i>	87
<i>Geranium potentillaefolium</i>	82
<i>Vaccinium geminiflorum</i>	60
<i>Eupatorium prunellaefolium</i>	122
<i>Potentilla candicans</i>	110
<i>Alchemilla procumbens</i>	54

En este muestreo la mejor respuesta a la micorriza VA por parte de las especies arbustivas y herbáceas se presentó en la asociación de *Abies religiosa*, y la asociación donde se expresó menormente fue en la de *Pinus hartwegii*. Lo anterior es considerado el porciento de colonización total y el número de esporas.

Las respuestas que se encontraron por especie presentaron mayor variación que en el muestreo anterior, ya que en la época de sequía se presentaron dos especies con características sobresalientes en cuanto a la colonización por hongos micorrízicos, en la época de lluvia fue menor la res-

puesta y no se presentaron especies con afinidad marcada hacia la asociación micorrizica,

En este muestreo la familia Compositae fue la que predominó, ya que se encontraron ocho especies, siguiéndole la familia Geraniaceae con cuatro especies, las familias Scrophulariaceae y Rosaceae con dos especies y por último las familias Commelinaceae, Ericaceae, Onagraceae, Caprifoliaceae, Liliaceae, Boraginaceae, Solanaceae, Leguminosae y Umbelliferae con sólo una especie.

Los datos en cuanto a las familias encontradas, refuerzan las investigaciones hechas anteriormente, en las cuales son pocas las familias que no presentan micorriza (Girard y Fortin, 1984; Kendrick y Berch, 1984).

Comparando los dos muestreos se observa que en la época de sequía el número de especies vegetales muestreadas fue menor que en la época de lluvia, pero esto no ocurrió con el porciento de colonización y número de esporas, ya que en las asociaciones de *Pinus montezumae*, *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii* y *Pinus hartwegii* estuvo menormente expresada la respuesta a la micorriza VA en la época de lluvia. Aunque en la asociación de *Abies religiosa* la respuesta a la micorriza VA se vió incrementada en la época de lluvia.

Los factores que determinan estos cambios podrían deberse principalmente a la cantidad de agua disponible en todas las asociaciones, así como a las condiciones climáticas que prevalecieron en ellas. A pesar de que algunos endófitos se presentaron en ambas estaciones, estos sufren cambios en cuanto a su actividad fisiológica, llegando a ser más efectivos sobre ciertas especies vegetales en condiciones climáticas diferentes (Hayman y Tavares, 1985).

En el cuadro 10 se pueden observar diferencias en las propiedades del suelo encontradas en las dos estaciones climáticas, lo cual puede afectar el establecimiento y distribución de las asociaciones micorrízicas, así como la respuesta de la planta a dicha colonización (Lambert *et al.*, 1980; Hayman, 1985).

También se observa que la fertilidad del suelo, más que la nutrición de la planta afecta el desarrollo de la asociación micorrízica.

En un ecosistema natural como es el bosque no se aplican agroquímicos para mantener el equilibrio nutricional, además se observa en el Cuadro 10 que el contenido de materia orgánica, el porcentaje de carbón orgánico, el contenido de N total el fósforo y la capacidad de intercambio catiónico fueron mayores que en la época de sequía. Además de es-

Cuadro 10. Análisis químico de suelo proveniente de cuatro asociaciones vegetales del Bosque de Zoquiapan, en dos estaciones climáticas.

	Epoca de sequía				Epoca de lluvia			
	Asociaciones				Asociaciones			
	1	2	3	4*	1	2	3	4*
pH	5.2	5.6	5.6	4.8	5.6	6.1	5.6	5.3
Materia orgánica (%)	14.4	16.5	19.1	20.7	10.9	12.1	15.1	16.1
Carbono orgánico (%)	8.4	9.6	11.1	11.9	6.3	7.0	8.8	9.4
N Total (%)	0.55	0.86	0.67	0.43	0.42	0.43	0.57	0.51
P (p.p.m.)	11	8	6	8	4	4	3	3
Capacidad de intercambio catiónico (meg/100 g)	12.95	22.97	18.18	8.66	8.94	16.93	10.51	5.61

* 1 = *Pinus montezumae*, 2 = *Abies religiosa*, 3 = *Alnus firmifolia*-*Pinus hartwegii*, 4 = *Pinus hartwegii*.

tos factores, la colonización micorrízica estuvo mejor expresada en esta misma época (Hayman, 1985).

El pH fue más ácido en la época de sequía, aunque los valores en los que oscila no variaron mucho comparándolos con los valores de la época de lluvia. Este factor también afecta las asociaciones micorrízicas como lo señalan Abbott y Robson (1985), quienes indican que las diferencias en la distribución de ciertas especies de hongos, pueden relacionarse con la variación del pH a través de ciertas áreas muestreadas.

Por lo anterior se observa que las propiedades del suelo, incluyendo pH, textura, humedad y contenido de materia orgánica pueden afectar el crecimiento, distribución y sobrevivencia de los hongos micorrízicos VA (Day *et al.*, 1987).

Varias plantas se encontraron a través de las diferentes asociaciones vegetales, y en las diferentes estaciones como son *Penstemon gentianoides*, *Alchemilla procumbens*, *Senecio barba-Johannis* y algunas especies del género *Geranium*; sin embargo, la intensidad de colonización varió. Y los factores que determinan esta condición podrían ser la temperatura y la altitud (Girard y Fortin, 1984).

En las partes más altas la temperatura es más baja, en

la asociación de *Pinus hartwegii* en la época de lluvia, el porcentaje de colonización y número de esporas fue el más bajo en promedio, comparado con las otras asociaciones, estos efectos pueden atribuirse a las bajas temperaturas que prevalecieron en ese sitio y en esa estación, además de que los hongos micorrízicos podrían presentar cierta incapacidad para establecerse (Hetrick y Bloom, 1984).

En la asociación de *Abies religiosa* en la época de sequía se obtuvo la menor colonización y número de esporas, esto podría deberse a un efecto inhibitorio de las plantas de oyamel sobre la micorriza VA. Kovacic *et al* (1984), encontraron que no se presentaban hongos micorrízicos VA en un bosque de pino ponderosa, y esto lo atribuyeron a una inhibición alelopática por parte de los pinos. Para el caso del Bosque de Zoquiapan, es recomendable realizar estudios más detallados.

Hayman y Tavares (1985) señalan que las respuestas de crecimiento están determinadas principalmente por tres factores: el grado de micotrofia de la planta, la eficiencia simbiótica del hongo micorrízico y el nivel nutricional del suelo. Así como factores medioambientales como luz y temperatura. Lo anterior se refuerza en este trabajo ecológico ya que las plantas muestreadas presentaron diferencias en su colonización a través de los diferentes sitios.

Por último la ocurrencia de la asociación micorrízica en comunidades naturales, como es el Bosque de Zoquiapan, no ha sido estudiada, por lo tanto las interacciones entre la planta hospedera, el hongo micorrízico, el suelo y el clima, son factores que deben estudiarse más para así encontrar una combinación apropiada hongo-hospedero adaptada a condiciones climáticas y tipo de suelo bien definidas (Gianinazzi-Pearson y Diem, 1982; St. John y Coleman, 1983).

3. Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos vesículo-arbuscular del Bosque de Zoquiapan en cinco diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

A continuación se presentan efectos de los diferentes tratamientos sobre las cinco variedades de frijol para cada una de las variables estudiadas:

Altura:

Para la variedad Cacahuate de hábito de crecimiento I - (H.C.I), la menor altura se presentó cuando se inoculó solo con hongos micorrízicos (M_2) con 33 cm, un centímetro abajo del testigo y el tratamiento que presentó la mayor altura fue cuando se realizó la doble inoculación ($M_1 + R$), siendo ésta de 39 cm. En general se puede observar que los tratamientos con doble inoculación presentan mayor altura que los tratamientos inoculados con un solo simbionte (Fig. 18A).

En la variedad Michoacán 12A3 de hábito de crecimiento II (H.C.II), las mejores respuestas se presentaron cuando se inoculó con M_2 , M_3 y $M_3 + R$, con valores de 23, 21 y 22 cm respectivamente. El testigo presentó una altura de sólo 16 cm (Fig. 18B).

Para la variedad Puebla 35-I de hábito de crecimiento IIIb (H.C.IIIb), la mayor altura se presentó en el tratamiento $M_2 + R$ con 101 cm. El tratamiento $M_3 + R$ presentó una altura de 67 cm, siete centímetros abajo del testigo (Fig. 18C).

En la variedad A 1293 de hábito de crecimiento IIIc (H.C.IIIc), la mayor altura se presentó cuando se inoculó con $M_2 + R$, obteniéndose un valor de 141 cm, siguiéndole los tratamientos M_1 y M_2 con valores de 114 y 111 cm respectivamente. La inoculación con $M_3 + R$ afectó negativamente a esta variable, ya que se obtuvo un valor de 84 cm, estando éste por debajo del testigo, en el que se obtuvo una altura de 92 cm. El tratamiento con *Rhizobium*, también presentó un valor por abajo del testigo (Fig. 18D).

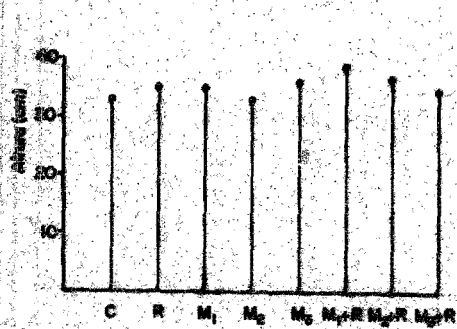
Para la variedad F320 Astoyan de hábito de crecimiento IV (H.C.IV), los tratamientos que propiciaron una mayor altura fueron $M_2 + R$ y M_1 con valores de 238 y 220 cm respectivamente. La menor altura se obtuvo cuando se inoculó con

la cepa de *Rhizobium* (187 cm), valor más bajo que el testigo (Fig. 18E).

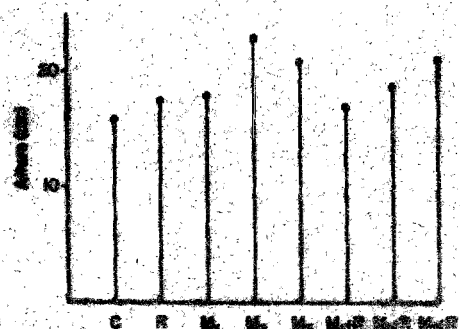
En el Cuadro 11 se observan los valores de altura obtenidos con los diferentes tratamientos, así como interacción que se presenta entre las diferentes variedades de frijol utilizados y la inoculación con micorriza, *Rhizobium* o ambos.

Se presentó significancia entre tratamientos, así como entre variedades, siendo esperada esta respuesta por el hábito de crecimiento de cada variedad. Así la variedad Puebla 35-1, A 1293 y F320 Astoyán, con una altura promedio de 82, 102 y 156 cm respectivamente, están en ventaja sobre las otras dos. Los tratamientos que en general indujeron una mayor altura fueron cuando se inoculó con $M_2 + R$ ($\bar{X} = 107.25$ cm) y M_1 ($\bar{X} = 94.73$ cm). La inoculación con M_3 y $M_3 + R$ en general no presentó diferencias estadísticas. Por último la inoculación con *Rhizobium* no fue un factor que afectará positivamente a la variable altura.

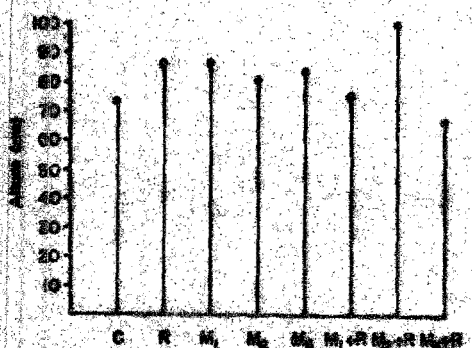
Bethlenfalvay *et al* (1982), encontraron que al inocular soya (*Glycine max* (L.) Merr cv. Kent) con *Glomus fasciculatus*, el crecimiento de la planta fue inferior al testigo hasta los 112 días después de la siembra sucediendo lo contrario después de esta fecha. Señalan que estos resul-



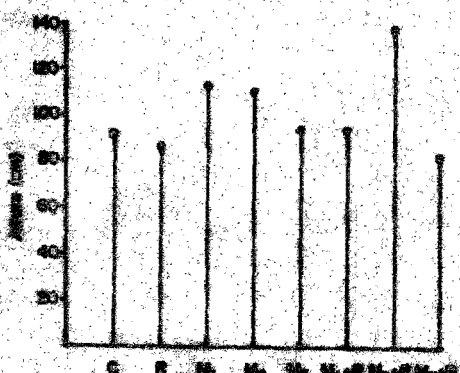
A. Cacaahuete H.C. I



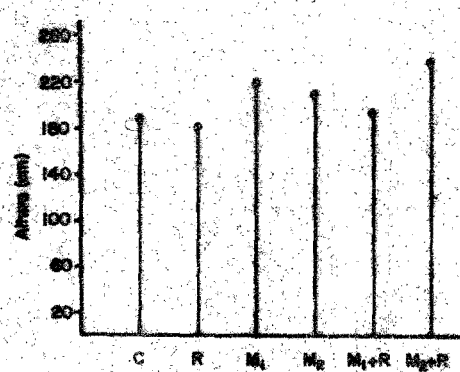
B. Mich. 12A3 H.C. II



C. Puebla 35-I H.C. IIIb



D. A 1293 H.C. IIIc



E. F320 Astoyán H.C. IV

Fig. 16 Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y *Rhizobium* sobre la altura de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 11. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre la altura de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					\bar{X}
	M	R	Cacahuete	Mich. 12A3	Puebla 35-I	A 1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			cm					
1-9-17-25-33	-	-	33.50	16.00	74.00	92.00	194.33	81.97
2-10-18-26-34	-	R	35.33	17.50	87.00	87.00	212.0	87.77
3-11-19-27-35	M ₁	-	35.00	18.33	87.00	113.67	219.67	94.73
4-12-20-38-36	M ₂	-	32.70	23.17	81.00	111.33	186.67	86.97
5-13-21-29	M ₃	-	35.83	20.67	84.00	95.00	-	47.10
6-14-22-30-37	M ₁	R	38.73	16.83	76.33	95.17	197.00	84.81
7-15-23-31-38	M ₂	R	37.23	19.00	100.67	141.00	238.33	107.25
8-16-24-32	M ₃	R	34.70	20.67	67.00	83.67	-	41.21
		\bar{X}	35.38	19.02	82.12	102.35	156.00	78.97

C.V. = 23.58

Prueba de F para tratamiento fue altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) fue altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) no fue significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no fue significativa.

Prueba de F para V * M no fue significativa.

Prueba de F para V * R no fue significativa.

Prueba de F para V * R * M no fue significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 16.33; M = 13.71; R = 7.31.

tados posiblemente se deban a una competencia por los fotosintatos entre el hospedero y los hongos. Para las variedades de frijol estudiadas se observaron diferencias significativas, y estos resultados podrían deberse a la compatibilidad del hongo para infectar cada variedad y así potenciar su desarrollo.

En general se observa que la doble inoculación incrementa la altura en relación a cuando se inoculan por separado ambos endófitos, estos resultados se complementan con los de Redente y Reeves (1981) quienes al trabajar con *Hedysarum boreale* Nutt, encontraron diferencias significativas en la altura, cuando realizaba la doble inoculación, y cuando la inoculación se hacía por separado, los resultados eran similares, pero más elevados que el testigo.

Area foliar:

En la variedad Cacahuete (H.C.I) se presentó la mayor área foliar cuando se realizó la doble inoculación, así como cuando se inoculó sólo con la cepa de *Rhizobium*, obteniéndose los siguientes valores 42 cm^2 ($M_1 + R$); 41 cm^2 ($M_2 + R$) y 40 cm^2 ($M_3 + R$, *Rhizobium*). El testigo presentó un área foliar de 31 cm^2 (Fig. 19A).

La variedad Mich. 12A3 (H.C.II) presentó los valores más altos, cuando se inoculó con $M_3 + R$ y M_2 (30 cm^2 para ca-

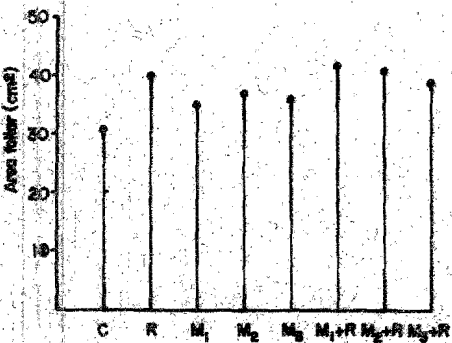
da una). La inoculación con M_1 tuvo un área foliar de 21 cm^2 , valor inferior al testigo,

Para la variedad Puebla 35-I (H.C.IIIa), la mayor área foliar se encontró en tres tratamientos, que son M_2 , $M_1 + R$ y $M_2 + R$ con 27 cm^2 en cada una. El testigo presentó un área foliar de tan solo 18 cm^2 (Fig. 19C).

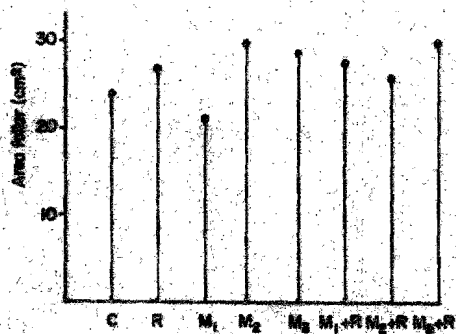
En la variedad A 1293 (H.C. IIIb) los valores más altos se presentaron cuando se inoculó con M_2 y $M_2 + R$, presentando valores de 25 y 26 cm^2 respectivamente. La afinidad con los otros hongos micorrizicos no fue tan marcada cuando se inocularon solos o junto con la cepa de *Rhizobium*. El testigo presentó un área foliar de 18 cm^2 (Fig. 19D).

Para la variedad F320 Astoyan (H.C.IV) los tratamientos que consistieron en la inoculación con hongos micorrizicos sin la cepa de *Rhizobium*, presentaron una mejor respuesta, que cuando se realizaba la doble inoculación. El testigo presentó un área foliar de 25 cm^2 y sólo dos tratamientos lo sobrepasaron M_2 y $M_2 + R$ con 28 y 27 cm^2 respectivamente (Fig. 19E).

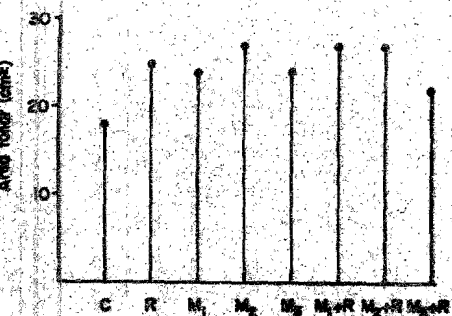
En el cuadro 12 se observan los datos obtenidos para cada tratamiento, y la interacción entre variedades, mi



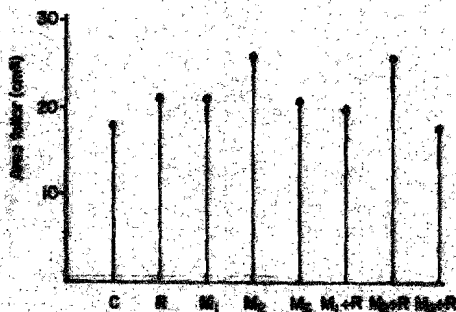
A. Cacahuete H.C.I



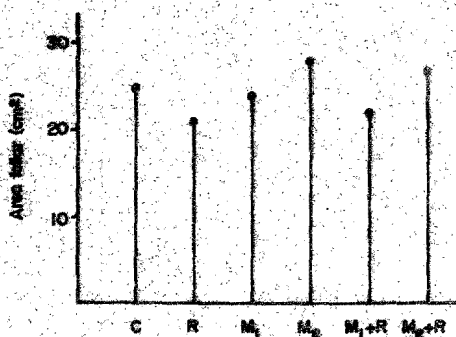
B. Mich. 12A3 H.C.II



C. Puebla 35-I H.C.IIIb



D. A 1293 H.C.IIIc



E. F320 Astoyan H.C.IV

Fig. 19. Efecto de tres cepas de hongos micorrízicos y *Rhizobium* sobre el área foliar de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 12. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre el área foliar de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					X
	M	R	Cacahuete	Mich.12A3	Puebla 35	A 1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			cm ²					
1-9-17-25-33	-	-	30.87	24.36	18.27	17.86	24.86	23.24
2-10-18-26-34	-	R	39.90	27.34	24.72	20.88	20.89	26.75
3-11-19-27-35	M ₁	-	35.13	20.64	23.99	20.61	23.94	24.86
4-12-20-28-36	M ₂	-	36.96	29.86	26.48	25.49	28.14	29.39
5-13-21-29	M ₃	-	35.57	29.18	23.71	20.67	-	21.82
6-14-22-30-37	M ₁	R	42.08	28.16	26.57	19.87	21.61	27.66
7-15-23-31-38	M ₂	R	41.04	25.47	27.00	25.94	27.24	29.34
8-16-24-32	M ₃	R	39.54	30.39	21.74	18.38	-	22.01
		X̄	37.64	26.92	24.06	21.21	18.33	25.63

C.V. = 19.63

- Prueba de F para tratamientos fue altamente significativa.
 - Prueba de F para variedades (V) fue altamente significativa.
 - Prueba de F para micorriza (M) fue significativa.
 - Prueba de F para *Rhizobium* (R) no fue significativa.
 - Prueba de F para V * M no fue significativa.
 - Prueba de F para V * R no fue significativa.
 - Prueba de F para V * R * M no fue significativa.
- DMS ($\alpha = 0.05$) V = 4.42; M = 3.71; R = 1.98.

corrija y *Rhizobium*. Así para tratamientos se presentan diferencias significativas, al igual que para variedades, siendo la variedad Cacahuatate (H.C.I) la que mayor área foliar presentó (38 cm²). La variedad F320 Astroyan presentó un área foliar de 18 cm², siendo el promedio más bajo.

En forma general se observa que al realizarse la doble inoculación el área foliar se ve incrementada y además; que la M₂ es la cepa de hongo micorrízico que mayor área promueve, sola o inoculada junto con *Rhizobium*. Es importante señalar que los hongos micorrízicos ayudan en una parte a la mayor producción de área foliar, pero existen además, otros factores (ambientales o aquellos específicos de la planta) que también contribuyen para esta expresión. En el caso de la cepa de *Rhizobium* no se presentaron diferencias estadísticas al inocularse o no esta cepa, pero cuando se inocula con micorriza M₁ y M₂ aumenta el área foliar. Para el caso de los hongos micorrízicos M₃ se observan valores menores que en el testigo, pudiendo deberse a la no afinidad entre este tipo de hongo micorrízico y las variedades de frijol estudiadas.

Como se sabe, el área foliar es una variable muy importante, ya que está íntimamente relacionada con los procesos de asimilación y nutrición en las plantas.

Mitchel (1970) menciona que para obtener la máxima producción de materia seca, es necesario que el área foliar sea suficiente con el fin de ofrecer la máxima capacidad de intercepción de luz.

Gardezi (1986) encontró en las variedades de frijol F320 Astoyan y Puebla 35-I inoculadas sólo con la cepa de *Rhizobium phaseoli* (CPMEX 1) un área foliar de 10.3 y 7.8 dm² - respectivamente, señalando que al presentarse una mayor área foliar se presenta una mayor actividad fotosintética, mayor actividad nitrogenasa y mayor nodulación. Para este estudio esto se contradice, ya que la variedad Cacahuete (H.C. I) fue la que mayor área foliar presentó, y como se verá más adelante no presentó la mayor actividad nitrogenasa, ni mayor producción de nódulos, debiéndose al tipo de crecimiento que presenta cada variedad, así como a la afinidad con hongos micorrízicos y *Rhizobium*.

Volumen radical.

Para la variedad Cacahuete (H.C.I) el volumen radical se vió incrementado cuando se realiza la doble inoculación. Los mejores tratamientos fueron M₁+ R (13 cm³), M₂+ R (12 cm³) y M₂ (11 cm³). Se observaron valores bajos en los tratamientos inoculados con M₃ y *Rhizobium* (7 y 6 cm³ respectivamente). El testigo presentó un valor de 5 cm³ (Fig. 20A).

En la variedad Mich, 12A3 (H.C.II) la inoculación con $M_3 + R$, fue el tratamiento que presentó mayor volumen radical (10 cm^3), así como cuando se inoculó con M_2 (9 cm^3), este tipo de hongo (M_2) se vio afectado negativamente para su expresión cuando se inoculó junto con la cepa de *Rhizobium*, obteniéndose un valor de tan solo 6 cm^3 (Fig. 20B).

La variedad Puebla 35-I (H.C.IIIb) presentó el mayor volumen radical cuando se inoculó con M_1 y M_2 con 12 y 11.7 cm^3 respectivamente. La inoculación con M_3 presentó un valor de 7 cm^3 , colocándose por abajo del testigo. Los tratamientos con doble inoculación presentaron valores inferiores comparados con los que se inocularon solo con hongos micorrízicos (Fig. 20C).

Para la variedad A 1293 (H.C.IIIc) tres tratamientos presentaron mayor incremento en el volumen radical comparados con el testigo. Dos corresponden a la inoculación con sólo hongos micorrízicos M_3 y M_1 con 11 y 9 cm^3 respectivamente, y el otro a la doble inoculación $M_2 + R$ con 10 cm^3 . El testigo presentó un volumen de 5 cm^3 (Fig. 20D).

En la variedad F320 Astoyan (H.C.IV) el tratamiento que presentó un mayor volumen radical fue M_2 con 18 cm^3 , cuando se inoculó con M_1 , $M_1 + R$ y $M_2 + R$ se presentó un volumen de 13 cm^3 y los valores más bajos se presentaron en el testigo

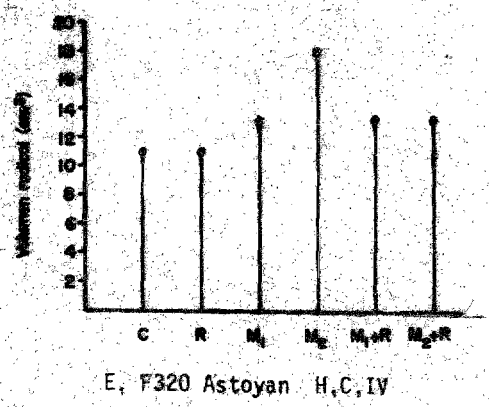
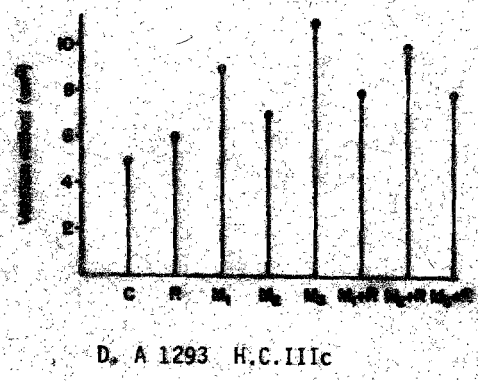
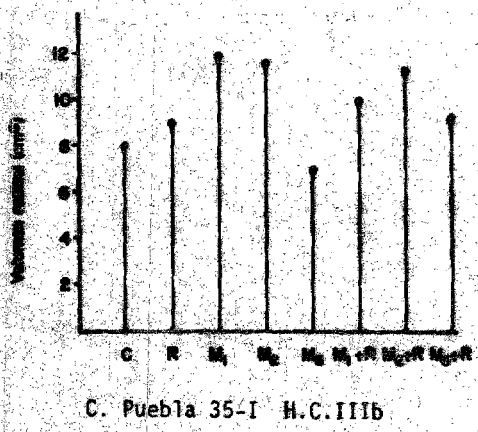
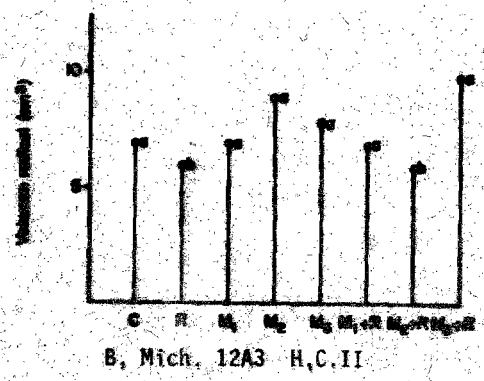
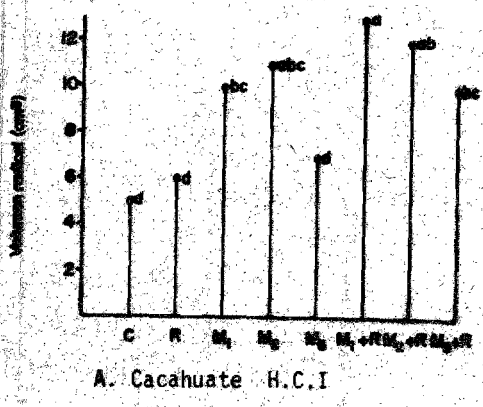


Fig. 20. Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y *Rhizobium* sobre el volumen radical de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

y en el tratamiento con *Rhizobium* (11 cm³ para cada uno) - (Fig. 20E),

En el Cuadro 13 se presentan las significancias para cada interacción en las diferentes variedades con los hongos micorrízicos y/o la cepa de *Rhizobium*. Para el caso de las variedades, la variedad F320 Astoyán fue la que mayor volumen radical presentó (9.92 cm³), y fue estadísticamente superior a las otras cuatro, siguiéndole las variedades Puebla 35-I, Cacahuatate y A 1293 con 9.79, 9.37 y 8.04 cm³ respectivamente. La variedad Mich. 12A3 fue la que menor volumen radical presentó, siendo éste de tan sólo 7.79 cm³.

Para los tratamientos también se presentaron diferencias significativas, observándose que la M₂ promovió un mayor desarrollo del volumen radical, ya sea inoculado solo o en asociación con *Rhizobium* (11.20 y 10.47 cm³ respectivamente). Los tratamientos que le siguen son M₁ y M₁+ R (10.27 cm³ cada uno). Los tratamientos inoculados con M₃ y M₃+ R presentan los valores más bajos, y sólo la cepa de *Rhizobium* los supera. La inoculación con la cepa de *Rhizobium* no presentó diferencias significativas.

Para la variedad Mich. 12A3 que presentó el menor volumen radical, se podría pensar que esto se deba a la afinidad de los endófitos con dicha variedad, ya que Fuentes (1981)

Cuadro 13. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre el volumen radical de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					\bar{X}
	M	R	Cacahuete	Mich.12A3	Puebla 35-I	A-1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			cm ³					
1-9-17-25-33	-	-	5.67	6.67	8.00	5.33	10.67	7.27
2-10-18-26-34	-	R	6.33	8.33	9.00	6.33	11.00	8.20
3-11-19-27-35	M ₁	-	10.00	7.00	12.00	9.00	13.33	10.27
4-12-20-28-36	M ₂	-	11.33	8.67	11.67	6.67	17.67	11.20
5-13-21-29	M ₃	-	7.00	8.33	7.33	10.67	-	6.67
6-14-22-30-37	M ₁	R	12.67	7.33	9.67	8.33	13.33	10.27
7-15-23-31-38	M ₂	R	12.33	5.67	11.33	9.67	13.33	10.47
8-16-24-32	M ₃	R	9.67	10.33	9.33	8.33	-	7.53
		\bar{X}	9.37	7.79	9.79	8.04	9.92	8.98

C.V. = 22.95.

Prueba de F para tratamientos altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) altamente significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no significativa.

Prueba de F para V * M significativo.

Prueba de F para V * R no significativa.

Prueba de F para V * R * M no significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 1.81; M = 1.52; R = 0.81.

al inocular Mich. 12A3 con dos cepas *Rhizobium*, encontró un volumen radical de 30 y 48.3 ml con cada una de las cepas a los 48 días y en el testigo encontró un volumen de 33 ml.

En general, se presentó un mayor volumen radical cuando se inocula con hongos micorrizicos. El efecto que puede presentar la doble inoculación o la inoculación con un solo simbionte, no sólo depende de la planta hospedera, sino también de la afinidad que presenten dichos simbiontes.

Bethlenfalvay *et al* (1982), señalan que cuando se inocula con hongos micorrizicos por lo regular el volumen radical es menor en plantas micorrizadas que en el testigo. Pero estos datos no concuerdan con los obtenidos por Aguirre (1985), quien encontró un mayor volumen radical al inocular con hongos micorrizicos. Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con Aguirre (1985) excepto para la variedad Mich. 12A3, en la cual al inocularse con $M_2 + R$ el volumen radical es menor que en el testigo,

Peso seco total de la parte aérea,

En la variedad Cacahuete (H.C.1) esta variable se vio afectada favorablemente cuando se realizó la doble inoculación, presentándose los valores más altos en $M_1 + R$ (2.36 g), $M_2 + R$ (2.23 g) y $M_3 + R$ (2.12 g). El testigo sólo alcanzó 1.75 g de peso seco en su parte aérea (Fig. 21A).

Para la variedad Mich, 12A3 al comparar los tratamientos de doble inoculación con aquellos en los que sólo se inoculó con un simbionte, las mejores respuestas se encontraron cuando se inoculó con M_2 y M_3 (2.7 g para cada una). La menor respuesta se presentó cuando se inoculó con $M_2 + R$ (2 g). El testigo presentó el mismo valor que aquellos tratamientos inoculados con *Rhizobium* solo y con $M_1 + R$ (2.30 g) (Fig. 21B).

Para la variedad Puebla 35-I (H.C. IIIb), nuevamente se presentan mejores respuestas cuando se inocula con hongos micorrízicos solos, así para M_1 y M_2 se tienen los valores de 3.26 y 3.34 g respectivamente. Los tratamientos con doble inoculación presentaron valores de 3.25 g ($M_1 + R$), 3.11 g ($M_2 + R$) y 2.83 g ($M_3 + R$). La inoculación con M y con *Rhizobium* no produjo diferencias marcadas en comparación con el testigo, en el cual se obtuvo un peso seco total de 2.6 g (Fig. 21C).

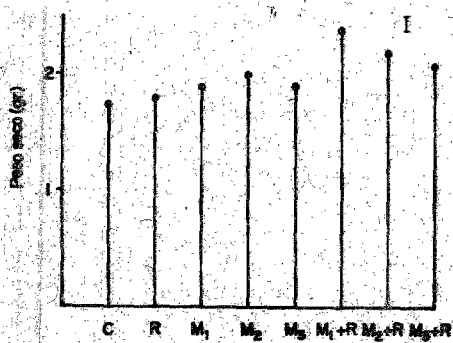
En la variedad A 1293 (H.C. IIIc) los valores más altos se presentaron en los tratamientos de M_2 y M_1 con 3.23 y 3.10 g respectivamente. El efecto de la doble inoculación no potenció un mayor peso seco en ninguno de los tratamientos. En el testigo se obtuvo el menor peso seco, siendo éste de tan sólo 2.12 g (Fig. 21D).

En la variedad F320 Astoyan (H.C. IV) el mayor peso seco se presentó cuando se inoculó M_2 , obteniéndose un valor de 6.10 g, a este tratamiento le siguen el de $M_2 + R$ con 5.83 y el de $M_1 + R$ con 5.50 g. Todos los valores obtenidos superaron al testigo el cual presentó un peso seco de 4.30 g (Fig. 21E).

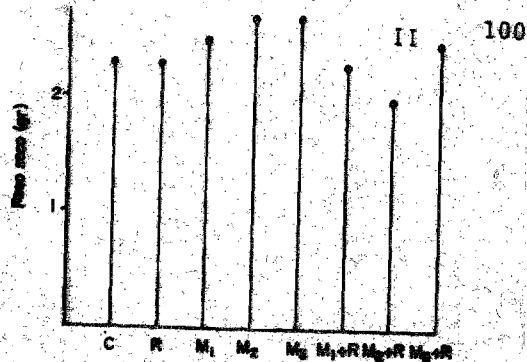
En el Cuadro 14 se observa que la variedad que presentó un promedio mayor de peso seco de la parte aérea fue F320 Astoyan con 3.99 g, seguido de Puebla 35-I y A 1293 con 2.99 y 2.75 g. La variedad Cacahuatate fue la que menor peso seco presentó (2.02 g). Señalando que la variedad F320 Astoyan fue significativamente mayor que las otras cuatro.

Para el caso de los hongos micorrizicos la cepa que influyó mayormente en el peso seco fue M_2 (3.47 g) y $M_2 + R$ (3.24 g). Para las otras dos cepas se presentaron mejores resultados cuando se inocularon junto con la cepa de *Rhizobium*, pero con la cepa M_3 se presentaron valores menores que cuando se inoculó con la cepa de *Rhizobium* sola, y que el testigo.

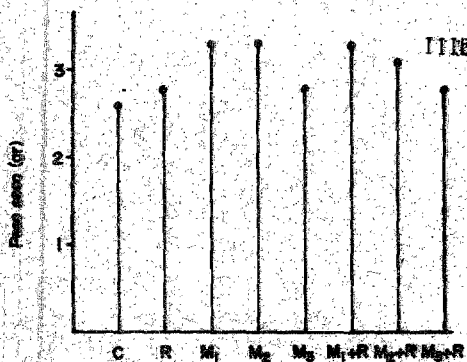
La inoculación con *Rhizobium* no promovió positivamente un mayor peso seco, ya que no se encontró significancia para esta fuente.



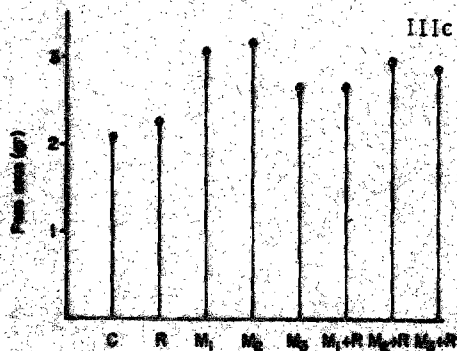
A. Cacahuete H.C.I



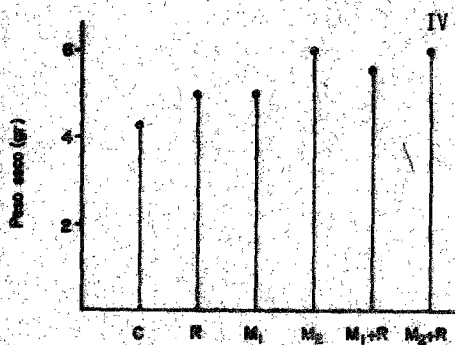
B. Mich, 12A3 H.C.II



C. Puebla 35-I H.C. IIIb



D. A 1293 H.C. IIIc



E. F320 Astoyan H.C. IV

Fig. Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y *Rhizobium* sobre peso seco total de la parte aérea de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 14. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre el peso seco de la parte aérea de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					\bar{X}
	M	R	Cacahuete	Mich.12A3	Puebla 35-I	A-1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			gr					
1-9-17-25-33	-	-	1.75	2.29	2.59	2.12	4.29	2.61
2-10-18-26-34	-	R	1.81	2.34	2.76	2.25	5.28	2.89
3-11-19-27-35	M ₁	-	1.89	2.53	3.26	3.06	4.97	3.14
4-12-20-28-36	M ₂	-	2.05	2.66	3.34	3.23	6.08	3.47
5-13-21-29	M ₃	-	1.91	2.69	2.80	2.73	-	2.03
6-14-22-30-37	M ₁	R	2.36	2.30	3.25	2.70	5.50	3.22
7-15-23-31-38	M ₂	R	2.23	2.01	3.11	3.04	5.83	3.24
8-16-24-32	M ₃	R	2.12	2.49	2.83	2.87	-	2.06
		\bar{X}	2.02	2.41	2.99	2.75	3.99	2.83

C.V. = 17.97.

Prueba de F para tratamientos altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) altamente significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no significativa.

Prueba de F para V * M no significativa.

Prueba de F para V * R no significativa.

Prueba de F para V * R * M no significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 0.45; M = 0.37; R = 0.20.

En forma general, para esta variable los mejores resultados se encontraron cuando se inoculó con solo hongos micorrízicos. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Guzmán *et al* (1984), los cuales al inocular *Leucaena leucocephala* con *Glomus sp* reportan valores de peso seco de la parte aérea mayores en el tratamiento inoculado, que en el testigo.

Bagyaraj *et al* (1979), señalan que la inoculación con ambos simbiontes incrementa significativamente el peso de la parte aérea en soya, esta inoculada con *Glomus fasciculatus* y *Rhizobium japonicum*, además del contenido de N, en comparación a cuando se inoculan por separado, después de 60 días.

Número de nódulos.

En esta variable se contabilizó el número total de nódulos, sin hacer la separación entre efectivos e inefectivos, por esta razón algunos tratamientos que no se inocularon con *Rhizobium* presentan nódulos y más adelante en relación a la actividad nitrogenasa se discutirá su eficiencia.

Para la variedad Cacahuete (H.C.I) el mayor número se presentó cuando se inoculó con dos simbiontes ($M_2 + R$) con 73 nódulos/planta. Los valores más bajos se encontraron cuando se inoculó con solo micorriza, siendo estos nódulos

de cepas nativas presentes en el suelo, los valores fueron de 31 y 29 nódulos/planta para M_1 y M_3 respectivamente (Fig. 22A).

En la variedad Mich. 12A3 (H.C.II) el mayor número de nódulos se encontró en tres diferentes condiciones de inoculación, así se tiene que cuando se inoculó con *Rhizobium*, M_2 y $M_3 + R$ se encontraron valores arriba de 100 nódulos/planta. Cuando se inoculó con $M_2 + R$ se presentó el menor número de nódulos (62 nódulos/planta), valor inferior al testigo (Fig. 22B).

Para la variedad Puebla 35-I los mejores resultados se presentaron en los tratamientos $M_2 + R$, $M_1 + R$ y *Rhizobium* con 181, 105 y 115 nódulos/planta respectivamente. En el testigo se presentó un valor elevado de nódulos (87 nódulos/planta), aunque se desconoce la efectividad de estos. En los tratamientos en los que solo se inoculó con hongos micorrízicos se obtuvieron valores bajos, al igual que con el tratamiento $M_3 + R$ (Fig. 22C).

En la variedad A1293 (H.C.IV) el mejor tratamiento fue el de $M_2 + R$ con 208 nódulos/planta, este valor comparado con los demás se dispara bastante, lo cual nos indica la efectividad de esta doble simbiosis. En el testigo solo se encontraron 34 nódulos (Fig. 22D).

Para la variedad F320 Astoyan (H,C,IV) los valores en contrados fueron mayores comparados con las cuatro variedades anteriores. El mayor número se presentó cuando se inoculó con $M_1 + R$ con 408 nódulos/planta. Se presenta una gran diferencia entre tratamientos (Fig. 22E).

Como se observa en el Cuadro 15, el número de nódulos aumenta considerablemente entre variedades, tomando en cuenta el hábito de crecimiento, se observa el valor más bajo en la variedad Cacahuate con sólo 53 nódulos/planta en promedio y el valor más alto en F320 Astoyan con 227 nódulos/planta, por lo tanto, las variedades ocupadas son estadísticamente diferentes en la producción de nódulos, debiéndose a una afinidad entre ellas y los endófitos ocupados.

Para el caso de los hongos micorrizicos ocupados no se presentaron diferencias significativas, pero la M_2 fue la que en asociación con *Rhizobium* produjo mayor número de nódulos, seguido por el control y la inoculación con solo M_2 (132 y 133 nódulos/planta en promedio respectivamente). Nuevamente la M_3 no presentó incremento de los nódulos y su relación con *Rhizobium* no fue sobresaliente.

También se observa que para la relación entre variedades y *Rhizobium*, se presenta alta significancia, lo cual se debe a la estrecha afinidad entre *Phaseolus vulgaris* con

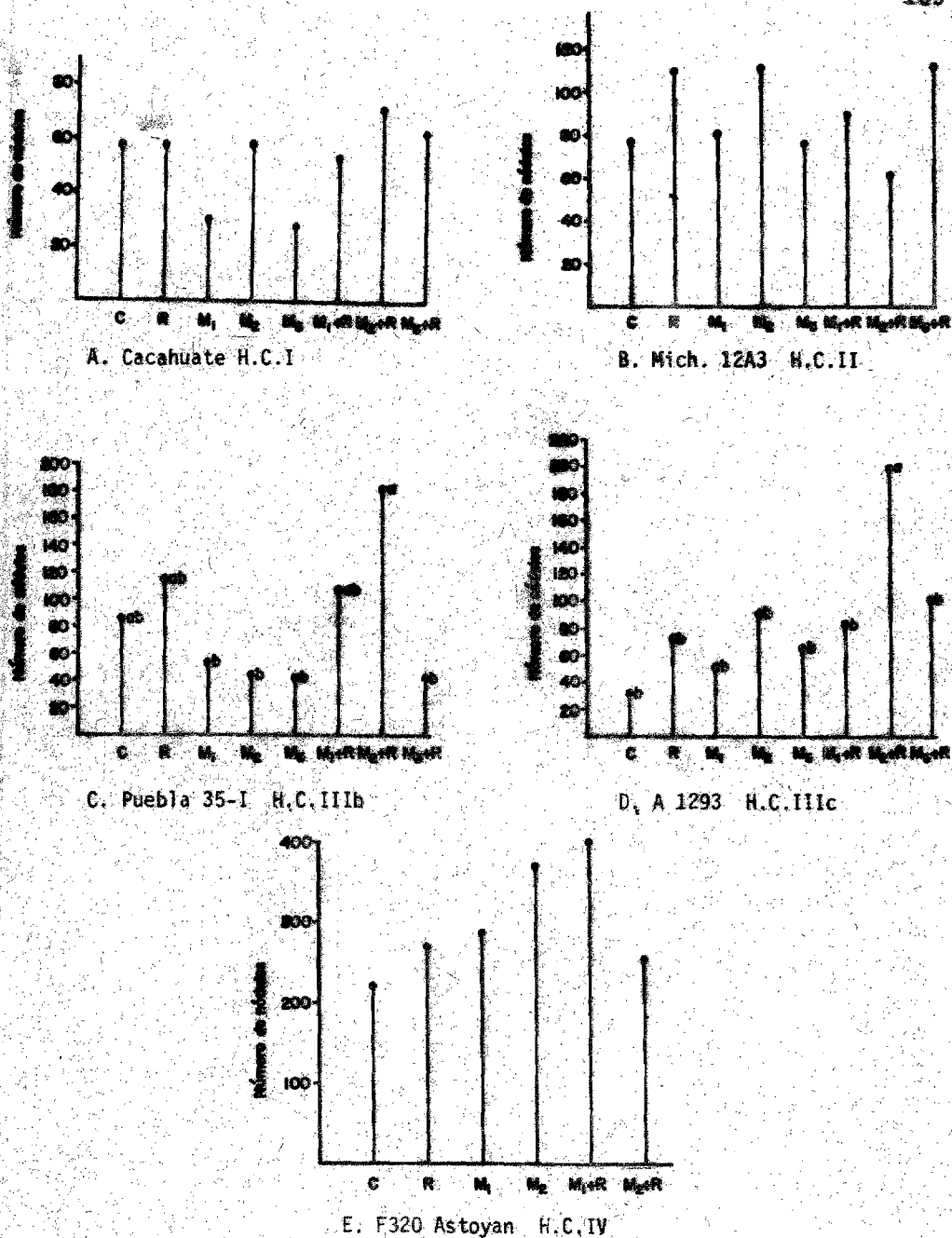


Fig. 22 Efecto de tres cepas de hongos micorrizicos y *Rhizobium* sobre el número de nódulos/planta de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 15. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre el número de nódulos de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					X
	M	R	Cacahuete	Mich.12A3	Puebla 35-I	A-1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			No./Planta					
1-9-17-25-33	-	-	58.00	77.00	86.67	34.33	408.00	132.8
2-10-18-26-34	-	R	57.67	110.33	114.67	74.00	275.33	126.4
3-11-19-27-35	M ₁	-	31.33	82.67	55.33	50.67	282.67	100.53
4-12-20-28-36	M ₂	-	58.67	91.33	43.67	90.67	373.33	131.53
5-13-21-29	M ₃	-	28.67	77.00	43.00	66.00	-	42.93
6-14-22-30-37	M ₁	R	54.00	89.67	107.00	85.33	217.67	110.73
7-15-23-31-38	M ₂	R	72.67	61.67	181.33	208.33	256.00	156.00
8-16-24-32	M ₃	R	64.00	113.00	42.33	103.00	-	64.47
		X	53.13	87.83	84.25	89.04	226.63	108.17

C.V. = 51.94

Prueba de F para tratamientos altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) no significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no significativa.

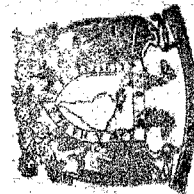
Prueba de F para V + M no significativa.

Prueba de F para V + R altamente significativa.

Prueba de F para V + R + M no significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 49.27; M = 41.34; R = 22.06.

BIBLIOTECA
GOBIERNO DE ESCUELA



Rhizobium phaseoli CPMEEX-1, conocida ésta como altamente eficiente.

El número de nódulos producidos por planta y considerando los efectivos e inefectivos, se vió potenciado cuando se realizaba la doble inoculación, principalmente en las variedades F320 Astoyan, A 1293 y Puebla 35-I.

Graham y Rosas (1977), en un estudio de 20 materiales de diferente hábito de crecimiento, e inoculados con cepas efectivas de *Rhizobium phaseoli*, encontraron que los frijoles trepadores fueron superiores a los frijoles arbustivos en cuanto a la reducción de acetileno y a la actividad específica de los nódulos. Datos que concuerdan con los de este trabajo.

Gardezi (1986) al inocular con CP MEX1, 48 diferentes variedades de frijol, encontró en las variedades Puebla - 35-I y A 1293 un número elevado de nódulos (251 y 125 nódulos/planta respectivamente). Además se comprueba con los datos obtenidos en este trabajo que dicha cepa es efectiva para los diferentes hábitos de crecimiento, al ser capaz de formar un mayor número de nódulos.

Actividad nitrogenasa,

Para la variedad Cacahuete (H.C.I) la mayor actividad se presentó cuando se realizó la inoculación con $M_2 + R$ con 307 nódulos de etileno, seguido por el tratamiento de *Rhizobium* con 236 nmoles de etileno. Los valores más bajos se presentaron cuando se inoculó con M_3 , $M_3 + R$, así como en el testigo con valores de 37, 29 y 31 nmoles de etileno respectivamente.

Para la variedad Mich. 12A3 (H.C.II), la mayor actividad nitrogenasa se presentó al inocularse *Rhizobium* solo, seguido de la asociación $M_2 + R$ con 131 y 95 nmoles de etileno. Para la inoculación con $M_1 + R$ y $M_3 + R$ la actividad nitrogenasa se vió negativamente afectada, ya que los valores obtenidos (17 y 19 nmoles de etileno) se encuentran por debajo del control.

En la variedad Puebla 35-I (H.C.IIIb) no se detectó actividad nitrogenasa en el testigo ni en la inoculación con M_3 y $M_3 + R$, debido al manejo o a incompatibilidad de la variedad con los endófitos involucrados.

Los mejores resultados se presentaron cuando se realizó la inoculación con $M_1 + R$, $M_2 + R$ y *Rhizobium* solo con 208, 187 y 205 nmoles de etileno respectivamente.

Para la variedad A 1293 (H.C,IIIc) se observó mayor actividad nitrogenasa al realizarse la doble inoculación, en especial con $M_2 + R$ (715 nmoles de etileno) seguido este tratamiento por la inoculación con *Rhizobium* solo y $M_1 + R$ con 178 y 171 nmoles de etileno respectivamente. La menor actividad nitrogenasa se presentó con M_1 y en el testigo con 13 nmoles de etileno para cada uno, con esto se comprueba que a pesar de presentar una gran cantidad de nódulos la eficiencia de estos no se compara con la cepa de *Rhizobium* inoculada.

En la variedad F320 Astoyan (H.C,IV) se observan diferencias entre tratamientos, ya que la doble inoculación presenta mayor actividad nitrogenasa que al inocularse solo con hongos micorrízicos. También se observa la eficiencia de la cepa de *Rhizobium* utilizada, ya que al inocularse sola presentó una actividad nitrogenasa de 205 nmoles de etileno, siendo este valor inferior solo al obtenido cuando se inoculó con $M_2 + R$ (376 nmoles de etileno). El testigo presentó la menor actividad nitrogenasa (33 nmoles de etileno).

En el Cuadro 16 se observa que para tratamientos, variedades y fuentes de inoculación se presenta alta significancia. Así en las variedades la mayor actividad la presentó A 1293 seguida de F320 Astoyan con 160 y 136 nmoles respectivamente. La menor actividad la presentó la variedad

Cuadro 16. Actividad nitrogenasa en nmoles de C₂H₄ producidos en dos horas en cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					X̄
	M	R	Cacahuete H.C.I	Mich.12A3 H.C.II	Puebla 35-I H.C.IIIb	A-1293 H.C.IIIc	F320 Astoyan H.C.IV	
			nmoles C ₂ H ₄ /2 hrs					
1-9-17-25-33	-	-	31.00	30.00	0.0	13.33	32.67	21.4
2-10-18-26-34	-	R	235.67	131.00	205.00	177.67	205.00	190.87
3-11-19-27-35	M ₁	-	46.67	58.00	18.67	12.67	131.67	53.54
4-12-20-28-36	M ₂	-	46.67	37.00	58.00	51.00	157.33	70.00
5-13-21-29	M ₃	-	37.00	23.33	0.00	9.67	-	14.00
6-14-22-30-37	M ₁	R	107.33	16.67	208.67	171.00	188.33	138.40
7-15-23-31-38	M ₂	R	307.00	95.33	187.33	714.67	375.67	336.00
8-16-24-32	M ₃	R	28.00	19.00	0.0	131.67	-	35.73
		X̄	104.92	51.29	84.71	160.21	136.33	107.49

C.V. = 1.40.

Prueba de F para tratamientos altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) altamente significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) altamente significativa.

Prueba de F para V * M altamente significativa.

Prueba de F para V * R altamente significativa.

Prueba de F para V * R * M altamente significativa.

DMS (α = 0.05) V = 1.52; M = 1.28; R = 0.67.

Mich. 12A3 con sólo 51 nmoles de etileno. En cuatro genotipos la mayor reducción de acetileno se realizó en los tratamientos de *Rhizobium* solo y cuando éste se inoculaba junto con hongos micorrizicos (M_2). Las mayores reducciones de acetileno se presentaron en los genotipos A 1293 y F320 Astoyan, cuando estos genotipos se inocularon con hongos micorrizicos (M_2) y la cepa de *Rhizobium* catalogada como altamente efectiva.

En cuanto a las fuentes de inoculación se observa que la mayor actividad se presenta con la doble inoculación - $M_2 + R$ y $M_1 + R$ (336, 138 nmoles respectivamente) seguida por la cepa de *Rhizobium* con 191 nmoles de etileno,

Para esta variable se vuelve a observar que la M_3 no potencia el desarrollo de ninguna variedad de frijol y que los valores obtenidos al inocularse sola se encuentran por debajo del testigo (14 y 21 nmoles de etileno respectivamente).

Estos resultados concuerdan con los de Heitchel (1978), quien señala que la mejor asociación para obtener la mayor fijación simbiótica de N es mediante el uso de variedades de frijol de hábito de crecimiento indeterminado, ya que éstas presentan un ciclo largo que permite un mayor tiempo acumulativo de actividad simbiótica. La actividad nitroge-

nasa es una variable de gran importancia, ya que además de determinar la efectividad de la cepa de *Rhizobium*, también se comprueba por medio de ella la efectividad de la doble simbiosis.

Para la cepa de *Rhizobium phaseoli* (CP MEX 1) ocupada en este trabajo, Rodríguez y Ferrera-Cerrato (1984) realizaron una evaluación microbiológica y bioquímica en 120 cepas, muestreadas en diferentes hábitos de crecimiento de la Mesa Central, y encontraron que esta cepa presenta un amplio espectro de eficiencia, al presentarse como altamente eficiente en los cuatro diferentes hábitos de crecimiento (H.C.I; H.C.II, H.C.III y H.C.IV).

Turner y Gibson (1980), señalan que la mayor actividad nitrogenasa se presenta en especies de hábito de crecimiento indeterminado, lo cual se comprueba en este estudio.

El efecto de la doble inoculación se refleja en una mayor actividad nitrogenasa, así Asimi *et al* (1980) señalan que la estimulación de la actividad nitrogenasa en el sistema soya-*Rhizobium japonicum* fue evidente en el crecimiento de la planta. Sugiriendo una sensibilidad particular de la cepa de *Rhizobium* al efecto de los hongos micorrizicos VA, además de confirmar que la asociación micorrizica, satisface la alta demanda de P en los procesos de nodulación y fijación de N.

Como se observa, la micorriza no sólo ayuda a la planta, sino que potencia la fijación de N. Las plantas micorrizadas no son sólo suficientes en la captación de P, sino que el P en las leguminosas parece estimular la producción de nódulos y el rango de fijación de N_2 . En plantas inoculadas con ambos simbiontes la fijación de N fue mayor, más que cuando se inoculó solo con *Rhizobium*. Confirmando los beneficios de los hongos micorrízicos (Bagyaraj *et al.*, 1979).

Redente y Reeves (1981), señalan que una de las razones por la cual la asociación micorrízica potencia la fijación de N_2 en leguminosas, es que las plantas micorrizadas pueden presentar altas concentraciones de P, Zn y Cu, elementos los cuales influyen la nodulación y fijación de N_2 .

Porcentaje de colonización.

En la variedad Cacahuate (H.C.I) solo se encontraron respuestas favorables en cuatro tratamientos, presentándose la mayor colonización con el tratamiento $M_2 + R$ (69%), seguido de M_2 (53%), M_3 (33%) y M_1 (31%). Con los tratamientos $M_1 + R$ y $M_3 + R$ no se presentó colonización debido posiblemente a una incompatibilidad entre los endófitos y la variedad de frijol utilizada (Fig. 23A). Las estructuras encontradas sólo consistieron en hifas, lo cual indica que la colonización que presentan los hongos micorrízicos VA prove

nientes del Bosque de Zoquiápan en este genotipo en particular son de expresión tardía (Cuadro 17). Sería recomendable continuar con el estudio y llevar el cultivo hasta la producción, para así comprobar si forman o no asociación con dichos hongos micorrizicos.

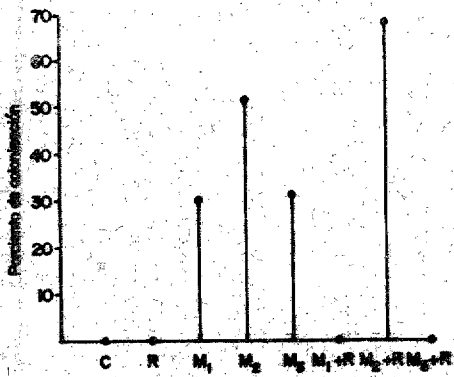
Para la variedad Mich, 12A3 (H.C.II), los tratamientos que mejores respuestas presentaron fueron $M_2 + R$ y M_2 con 84% de colonización para cada uno. Para los otros tratamientos el porcentaje de colonización estuvo por debajo del 50% (Fig. 23B). Las estructuras que dominaron fueron las hifas y se presentaron arbusculos y vesículas en solo tres tratamientos: M_2 (13.11% vesículas y 16.78% arbusculos), $M_1 + R$ (3.12% vesículas y 6.25% arbusculos) y $M_2 + R$ (13.81% vesículas y 17.2% arbusculos) (Cuadro 17).

En la variedad Puebla 35-I (H.C.IIIb) se obtuvieron datos sobresalientes cuando se inoculó con M_2 y $M_2 + R$ con 77% de colonización total, para los otros tratamientos el porcentaje de colonización fluctuó entre 27% con el tratamiento $M_3 + R$ y 41% para el tratamiento $M_1 + R$ (Fig. 23C). Las estructuras que dominaron son hifas y se encontraron vesículas y arbusculos en los tratamientos M_3 , M_2 y $M_2 + R$ (Cuadro 17).

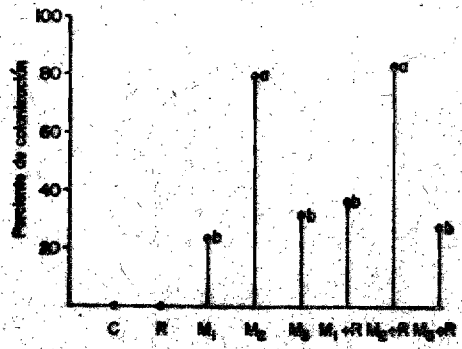
Para la variedad A 1293 (H.C.IIIc) al igual que en las anteriores, la mayor colonización se presentó cuando se inoculó con $M_2 + R$ y M_2 , obteniéndose valores de 79 y 69% de colonización respectivamente. La expresión de los otros dos endófitos no fue tan marcada (Fig. 23D). Nuevamente la incidencia de las estructuras típicas de los hongos micorrízicos, se vió dominada por hifas, encontrándose arbusculos y vesículas en los tratamientos M_1 , M_2 y $M_2 + R$ (Cuadro 17).

En la variedad F320 Astoyan (H.C.IV) se presentó la mejor respuesta a la colonización, aunque al igual que en las otras variedades los mayores porcentajes se obtuvieron cuando se inoculó con M_2 y $M_2 + R$ con 90 y 89% de colonización respectivamente (Fig. 23E). En el Cuadro 17 se observa que los arbusculos se presentaron en forma general, el mayor porcentaje que las vesículas. Además, también se podría señalar que esta variedad fue la más susceptible de colonizarse que las anteriores.

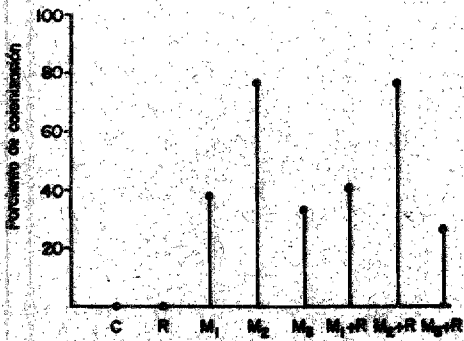
En el Cuadro 18 se observan las relaciones que se presentan entre los diferentes endófitos y las diferentes variedades de frijol. Así, la variedad F320 Astoyan presentó diferencias significativas, en comparación con los otros y las variedades Cacahuate (H.C.I) fue la que presentó el promedio más bajo de colonización (40.36 y 20.68% respectivamente).



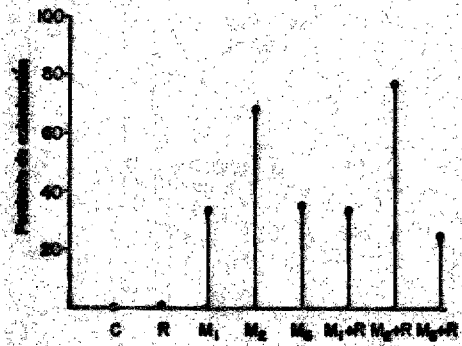
A. Cacahuete H.C.I



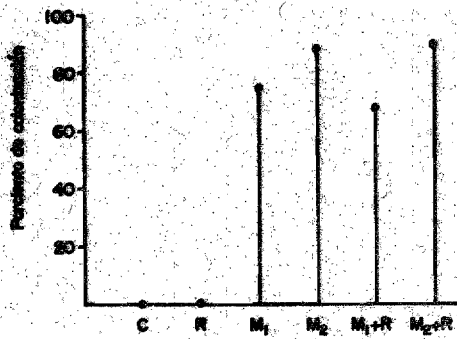
B. Mich. 12A3 H.C.II



C. Puebla-35-I H.C.IIIb



D. A 1293 H.C.IIIc



E. F320 Astoyan H.C.IV

Fig. 23 Porciemo de colonización micorrizica de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 17. Porcentaje de colonización total e incidencia de arbusculos y vesículas en cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de diferente hábito de crecimiento.

Variedad	Fuente de inoculación		arb.	ves.	total
	M	R			
Cacahuatate H.C.I	-	-	-	-	-
	-	R	-	-	-
	M ₁	-	-	-	31.00
	M ₂	-	-	-	53.31
	M ₃	-	-	-	33.00
	M ₁	R	-	-	-
Mich. 12A3 H.C.II	-	-	-	-	-
	-	R	-	-	-
	M ₁	-	-	-	23.62
	M ₂	-	16.78	13.11	83.76
	M ₃	-	-	-	31.96
	M ₁	R	6.25	3.12	37.40
Puebla 35-I H.C.IIIb	-	-	-	-	-
	-	R	-	-	-
	M ₁	-	-	-	37.73
	M ₂	-	14	11	76.95
	M ₃	-	6.62	5.96	32.87
	M ₁	R	-	-	40.73
A 1293 H.C.IIIc	-	-	-	-	-
	-	R	-	-	-
	M ₁	-	6.13	5.49	33.60
	M ₂	-	6.88	2.26	68.70
	M ₃	-	-	-	35.99
	M ₁	R	-	-	34.46
F320 Astoyan	-	-	-	-	-
	-	R	-	-	-
	M ₁	-	49.13	28.70	75.34
	M ₂	-	34.30	13.58	89.14
	M ₁	R	35.49	23.79	68.39
	M ₂	R	44.90	14.40	90.02

Cuadro 18. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre el porcentaje de colonización micorrizica de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					\bar{X}
	M	R	Cacahuete	Mich.12A3	Puebla 35-I	A-1293	F320 Astoyan	
			H.C.I	H.C.II	H.C.IIIb	H.C.IIIc	H.C.IV	
			%					
1-9-17-25-33	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2-10-18-26-34	-	R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3-11-19-27-35	M ₁	-	20.87	23.62	37.73	33.60	75.34	38.23
4-12-20-28-36	M ₂	-	53.31	80.06	76.95	68.70	89.14	73.63
5-13-21-29	M ₃	-	21.89	31.96	32.87	35.99	-	24.54
6-14-22-30-37	M ₁	R	0.0	37.40	40.73	34.46	68.39	36.20
7-15-23-31-38	M ₂	R	69.38	83.77	77.01	78.52	90.02	79.74
8-16-24-32	M ₃	R	0.0	28.12	27.16	26.34	-	16.32
		\bar{X}	20.68	35.62	36.56	34.70	40.36	33.58

C.V. = 40.04.

Prueba de F para tratamientos altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) altamente significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no significativa.

Prueba de F para V * M altamente significativa.

Prueba de F para V * R no significativa.

Prueba de F para V * R * M no significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 11.79; M = 9.90; R = 5.28.

Para las fuentes de inoculación también se presentaron diferencias significativas, observándose que la inoculación con M_2 y $M_2 + R$, fueron las que más favorecieron el porcentaje de colonización, así como la mayor incidencia de arbusculos y vesículas. Al igual que en las otras variables estudiadas, la inoculación con M_3 y $M_3 + R$ no produjo resultados sobresalientes, lo cual indicaría una incompatibilidad de estos hongos para colonizar al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Número de esporas,

Para la variedad Cacahuete (H.C.I) los tratamientos que presentaron mayor número de esporas fueron M_2 y $M_2 + R$ con 113 y 118 esporas/100 g de suelo. Además se observa que al realizarse la doble inoculación (hongos micorrízicos + *Rhizobium*) el número de esporas se incrementa (Fig. 24A).

En la variedad Mich. 12A3 (H.C.II) se presentó un mayor número de esporas, en los tratamientos M_2 , M_1 y $M_2 + R$ con 125, 124 y 119 esporas/100 g de suelo respectivamente y las menores cuando se inoculó con M_3 y $M_3 + R$ (67 y 62 esporas/100 g respectivamente (Fig. 24B).

Para la variedad Puebla 35-I (H.C.IIIb) se observa que esta variable está en estrecha relación con el porcentaje de colonización, ya que el mayor número de esporas se encontró

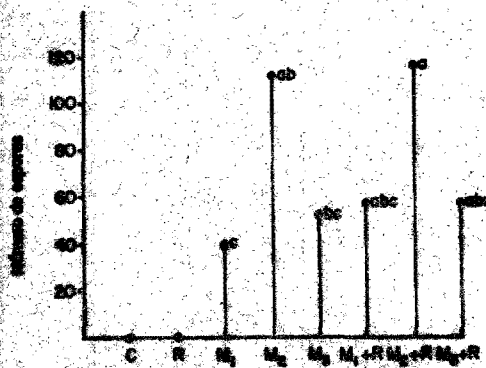
cuando se inoculó con M₁ y M₁ + R con 180 y 192 esporas/100 g respectivamente. Los otros endófitos no presentan una expresión tan marcada (Fig. 24C).

Para las variedades restantes (A 1293 H.C.IIIc y F320 Astoyan H.C.IV), la mayor producción de esporas se presentó cuando se inoculó con M₂ y M₂ + R, comprobando que este endófito es capaz de asociarse con las variedades de frijol estudiadas y así potenciar su desarrollo.

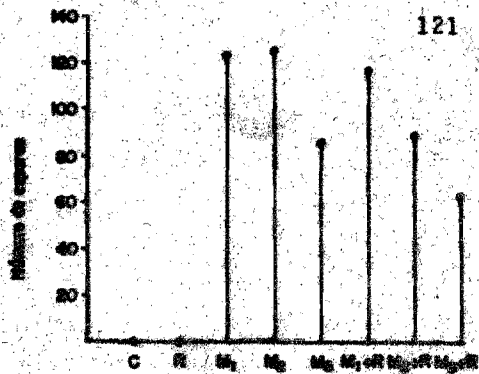
En el Cuadro 19 se observa que la mejor variedad para la producción de esporas fue F320 Astoyan (H.C.IV), además que la mejor cepa fue M₂ y que al inocularse con *Rhizobium* aumenta el número de esporas.

El porcentaje de colonización y número de esporas, se vio favorecido con la inoculación de M₂ + R y M₂ en los cinco genotipos. Esto nos indica que esta cepa puede adaptarse a condiciones diferentes del Bosque, además de que es compatible al inocularse junto con la cepa de *Rhizobium* y así potenciar un mejor desarrollo de la planta de frijol.

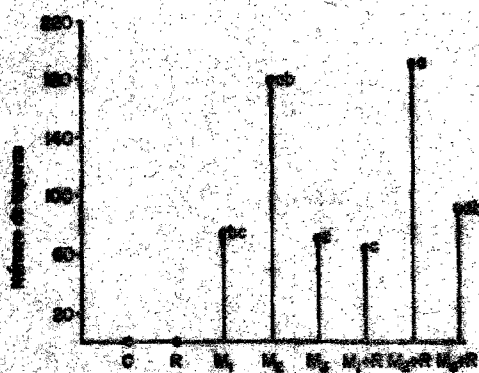
Douds y Chaney (1982), señalan que en general después de los 50 días de la siembra, o sea, al inicio de la floración, la infección tiende a disminuir. Y esto lo atribuyen a la falta de nuevas raíces que puedan ser infectadas por



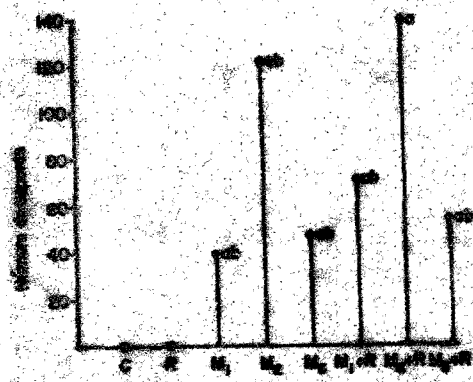
A. Cacahuete H.C.I



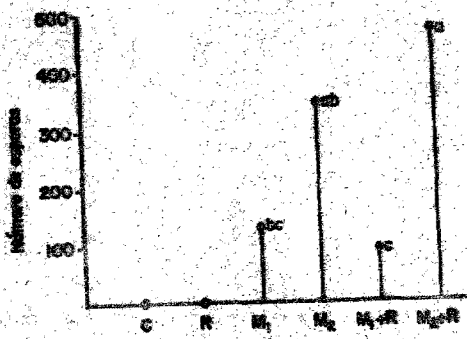
B. Mich. 12A3 H.C.II



C. Puebla 35-1 H.C.IIIb



D. A1293 H.C.IIIc



E. F320 Astoyan H.C.IV

Fig. 24. Número de esporas por 100 g de suelo seco en cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 19. Efecto de la inoculación con micorriza VA y *Rhizobium* sobre la producción de esporas de hongos micorrízicos de cinco variedades de frijol.

Tratamientos	Fuente de inoculación		Variedades de frijol					\bar{X}
	M	R	Cacahuete H.C.I	Mich.12A3 H.C.II	Puebla 35-I H.C.IIIb	A-1293 H.C.IIIc	F320 Astoyan H.C.IV	
	No./100 g suelo							
1-9-17-25-33	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2-10-18-26-34	-	R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3-11-19-27-35	M ₁	-	40.00	123.33	78.00	40.33	128.67	82.07
4-12-20-28-36	M ₂	-	113.33	124.67	180.00	121.33	347.00	177.27
5-13-21-29	M ₃	-	52.67	87.00	74.00	48.00	-	52.33
6-14-22-30-37	M ₁	R	59.00	119.00	66.00	72.33	92.00	81.67
7-15-23-31-38	M ₂	R	118.33	89.67	192.00	140.00	466.00	201.2
8-16-24-32	M ₃	R	59.00	62.67	91.33	55.00	-	53.60
		\bar{X}	55.29	75.79	85.17	59.62	129.21	81.02

C.V. 48.14.

Prueba de F para tratamiento altamente significativa.

Prueba de F para variedades (V) altamente significativa.

Prueba de F para micorriza (M) altamente significativa.

Prueba de F para *Rhizobium* (R) no significativa.

Prueba de F para V * M altamente significativa.

Prueba de F para V * R no significativa.

Prueba de F para V * R * M no significativa.

DMS ($\alpha = 0.05$) V = 54.90; M = 36.05; R = 24.36.

los hongos micorrízicos, ya que después de esta fecha se detiene el crecimiento de la raíz.

Lo anterior no concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las cosechas se realizaron al inicio de la floración y la colonización era baja, excepto para el genotipo F320 Astoyan, además de que las estructuras que predominaban eran solamente hifas, lo cual nos indica una expresión tardía de estos endófitos.

En cuanto al número de esporas, la población de éstas fue menor al inicio del trabajo (particularmente en las primeras cosechas), alcanzando su máxima producción al final, en los genotipos con hábito de crecimiento IIIb, IIIc y IV. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Aguirre (1985) al inocular Mich. 12A3 con hongos micorrízicos.

Los resultados anteriores nos comprueban que la inoculación con hongos micorrízicos solos o bien con una cepa de *Rhizobium* conocida como altamente efectiva, mejoran el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Se encontraron diferencias en cuanto a los genotipos utilizados, siendo éstas esperadas, ya que el tiempo en el cual completan su ciclo biológico, los requerimientos de nutrientes y las condiciones ambientales son diferentes para

cada uno. Siendo así, los genotipos con hábito de crecimiento indeterminado, en especial Puebla 35-I, A 1293 y F320 Astoyan estarían en ventaja sobre los otros dos.

Las variables analizadas para cada genotipo muestran diferencias y esto puede deberse a los factores citados por Hayman y Tavares (1985), como son: el grado de micotrofia de la planta, la eficiencia simbiótica del hongo y el nivel nutricional del suelo. El último es un factor que en este experimento estuvo controlado, pero se introdujo otra variable que es la doble simbiosis.

Como se sabe, los hongos micorrízicos no son específicos, pero la eficiencia del sistema micorrízico puede depender parcialmente de los caracteres fisiológicos del hongo (habilidad para translocar y transferir nutrientes), la cantidad y distribución del micelio en el suelo y de las interacciones entre las especies de hongo y el medio ambiente. También es importante analizar todas las variables involucradas en esta asociación simbiótica, porque de éstas se pretende encontrar una relación adecuada de acuerdo a la compatibilidad entre simbiositas, así como una mejor adaptación al medio ambiente (Mosse, 1977; Fuentes, 1981).

En resumen a todos los resultados, se encontró que los hongos micorrízicos VA son capaces de estimular un mejor de

desarrollo en las plantas inoculadas. También que la doble simbiosis (hongos micorrizicos VA-Rhizobium) potencia este desarrollo.

Los genotipos de frijol estudiados, respondieron de diferente manera a la doble inoculación o a la inoculación por separado de estos simbioses, encontrándose mejores resultados en el genotipo F320 Astoyan, lo cual podría deberse a su mayor ciclo de cultivo.

En lo referente a las cepas de hongos micorrizicos VA utilizados y a pesar de que los tres son del género *Glomus* sp, la micorriza 2 se presentó como sobresaliente en los cinco genotipos utilizados. Y en comparación con las otras cepas, presentó el mayor porciento de colonización.

CONCLUSIONES

1. Se presentaron diferencias en cuanto al número y tipo de especies vegetales presentes en las asociaciones del Bosque de Zoquiapan, en las dos estaciones climáticas (lluvia y sequía), así como su respuesta a la colonización micorrízica.
2. En la época de sequía se presentó un menor número de especies vegetales, sin embargo, la respuesta a la colonización micorrízica en ellas fue mayor.
3. Las especies vegetales *Penstemon gentianooides* y *Geranium sp* presentaron valores elevados de porcentaje de colonización y número de esporas en la época de sequía.
4. En la época de lluvia se incrementó el número de especies vegetales, pero la respuesta que éstas presentaron a la colonización micorrízica fue menor.
5. El género de hongos micorrízicos encontrado como dominante a través de las cuatro Asociaciones vegetales y en las dos estaciones climáticas fue *Glomus sp*, siguiendo las especies de los géneros *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*.
6. En cuanto a las variedades de frijol utilizado, se presentaron diferencias en su respuesta a la doble inocu-

lación o inoculación con un solo simbionte. Obteniéndose las mejores respuestas en las variedades Puebla 35-I (H.C.IIIb), A 1293 (H.C.IIIc) y F320 Astoyan (H.C. IV).

7. La cepa de hongo micorrizico que indujo mejores respuestas de crecimiento al realizarse la doble inoculación, fue la Micorriza 2 (*Glomus sp*), en las cinco variedades de frijol. Obteniéndose con ella el mayor porciento de colonización y número de esporas.
8. La asociación más favorable fue la que se estableció entre la variedad F320 Astoyan (H.C.IV) y la micorriza 2, sola o en asociación, con la cepa de *Rhizobium phaseoli* CP MEX1.
9. La asociación micorrizica VA mejora el crecimiento, nodulación y actividad nitrogenasa en el cultivo de frijol var. A 1293 (H.C.IIIc) y F320 Astoyan (H.C.IV).
10. Las asociaciones micorrizicas juegan un papel importante en el crecimiento y nutrición de las plantas superiores y el propósito de seguirlas estudiando es con el fin de acelerar el crecimiento de las mismas usando menos recursos, tales como fertilizantes.

RESUMEN

En el Bosque de Zoquiapan se han realizado estudios concernientes a su flora, fauna, suelos, etc., pero no existen estudios relacionados con la asociación micorrizica VA. Por lo tanto, se realizó un estudio ecológico para determinar la distribución de estos hongos en las plantas herbáceas y arbustivas de cuatro asociaciones climáticas (lluvia y sequía), dada la importancia que tienen estos hongos en las plantas superiores,

Se realizaron dos muestreos, uno en la época de sequía colectándose 14 diferentes especies de plantas y el otro en la época de lluvia, en donde se colectaron 26 especies de plantas. Después de identificar taxonómicamente dichas especies, se evaluó el porcentaje de colonización ayudados por la técnica de clareo y tinción de Phillips y Hayman (1970), así como el número y tipo de esporas, para lo cual se colectó suelo de rizosfera y se evaluó por medio de la técnica de tamizado en húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963) y la técnica de centrifugación (Jenkins, 1964), identificándose a nivel de género.

La colonización micorrizica en la época de sequía varió de 48% en *Buddleia parviflora* a 98% en *Chaptalia sp* y el número de esporas encontrado en 100 g de suelo seco va-

rió de 64 esporas/100 g de suelo en *Pluchea adnata* a 213 esporas/100 g de suelo en *Geranium scemanii*.

En la época de lluvia la colonización micorrízica varió de 22% en *Geranium potentillaefolium* a 94% en *Lithospermum distichum* y el número de esporas varió de 40 esporas/100 g de suelo en *Achillea millefolium* y *Acaena elongata* a 171 esporas/100 g de suelo en *Geranium latum*.

Sólo tres especies de plantas estuvieron presentes en ambas estaciones: *Penstemon gentianoides*, *Alchemilla procumbens* y *Senecio barba-johannis*. Presentándose una mayor colonización en la época de sequía (81%, 74% y 77% respectivamente) que en la de lluvia (65%, 57% y 72% respectivamente). El número de esporas presentó la misma tendencia, siendo mayor el número encontrado en la época de sequía que en la de lluvia.

En ambas estaciones el género de esporas dominante fue *Glomus*, siguiéndole *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Entrophospora* y *Scutellospora*. En general la incidencia de vesículas y arbusculos fue mayor en la época de sequía que en la de lluvia. Sin embargo, la incidencia de arbusculos fue mayor que la de las vesículas en ambas estaciones (3%-34% arbusculos y 3%-30% vesículas en la época de sequía y 2%-26% arbusculos y 2%-20% vesículas en la época de lluvia).

Después de identificar las esporas encontradas se realizó un estudio de micotrofia en cinco variedades de frijol de diferente hábito de crecimiento, con tres especies de hongos micorrizicos. Al presentarse el 50% de floración se cosecharon, siendo diferente para cada variedad y se evaluó el porcentaje de colonización, número de esporas, así como parámetros fisiotécnicos de la planta misma.

Los resultados nos demuestran que para cada variedad se presentaron diferencias estadísticas, siendo la variedad - F320 Astoyan de hábito de crecimiento II, la que mayor compatibilidad presentó con los tres diferentes tipos de hongos micorrizicos. Y la variedad Cacahuete de hábito de crecimiento I, la que menor respuestas presentó.

También la cepa de M_2 de hongos micorrizicos fue la que desde un principio potenció un mayor desarrollo en las cinco variedades de frijol, siendo el contraste la M_3 que no produjo efectos significativos.

En cuanto a la cepa de *Rhizobium* utilizada, ésta no mostró diferencias significativas, a menos que se inoculara en asociación con los hongos micorrizicos, obteniéndose mejores resultados al realizarse la doble inoculación.

Este trabajo nos comprueba la importancia que presentan los microorganismos en el desarrollo de este cultivo, pero es recomendable seguir realizando estudios más detallados para así llevar estos trabajos al agro mexicano, que es donde realmente se necesitan para regresar a lo natural y así evitar el uso excesivo de insumos (fertilizantes).

BIBLIOGRAFIA

- 1.- 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. J Soil Res. 23:253-261.
- 2.- ALLEN, M.F., MOORE, T.S. y CHRISTENSEN, M. 1980. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Cytokinin increases in the host plant. Can. J. Bot. 58:371-374.
- 3.- ALLEN, M.F., MOORE, T.S. y CHRISTENSEN, M. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. II. Altered levels of gibberellin-like substances and abscisic acid in the host plant. Can. J. Bot. 60:468-471.
- 4.- AGUIRRE, M.J.F. 1985. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en frijol *Phaseolus vulgaris* L. al inocularse con micorriza vesicular-arbuscular (V-A) y dinámica de las estructuras del hongo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 132 pp.
- 5.- ASSIMI, S.V., GIANINAZZI-PEARSON y GIANINAZZI, S. 1980. Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between VAM and *Rhizobium* in soybeans. Can. J. Bot. 58:2200-2205.
- 6.- BAREA, J.M. y AZCON-AGUILAR, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in agronomy 36:1-54.
- 7.- BAREA, J.M., AZCON-AGUILAR, C. y AZCON, R. 1983. Efecto de la interacción de fertilizantes solubles de P y micorrizas sobre la nodulación, micorrización, crecimiento y nutrición de alfalfa (*Medicago sativa*). Ciencia del suelo 1(1):39-43.
- 8.- BAGYARAJ, D.J., MANJUNATH, A. y PATIL, R.B. 1979. Interaction between a VAM and *Rhizobium* and their effects on soybean in the field. New Phytol. 82:141-145.
- 9.- BETHLENFALVAY, G.D., BROWN, M.S. y PACOVSKY, R.S. 1982. Parasitic and mutualistic associations between a mycorrhizal fungus and soybean development of the host plant. Phytopathology 72(7):889-893.
- 10.- BLANCO, Z.S., CEBALLOS, G.G., GALINDO, L.C., MAASS, M.D., PATRON, S.R., PESCADOR, A. y SUAREZ, G.A. 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapan. Cuadernos universitarios. Serie agrónomica 2. Depto. de Bosques. UACH.
- 11.- BONFANTE-FASOLO, P. 1984. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. En: VA micorriza. Powell, C. LI y Bagyaraj, J.D. (eds.) CRC Press Inc. Florida 5-33 pp.

- 12.- BOWEN, G.D. 1980. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. Tropical Mycorrhiza Research. Ed. by Mikola. Clarendon Press Oxford 165-190 pp.
- 13.- BRYAN, W.C., RUEHLE, J.L. 1973. Growth stimulation of sweetgum - seedlings induced by the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Reprinted from tree planters. Notes 27(2):9-24.
- 14.- CANDELARIO, R.D. 1983. Inducción a la formación de ectomicorriza con *Phisolithus tinctorius* (Pers) Coker y Couch en siete pinos mexicanos. Tesis Profesional. Univ. Aut. Chap. Chapingo, México.
- 15.- COX, G., MORAN, K.J., SANDERS, F.E., NOCKHOLDS, C. y TINKER, P.B. 1980. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. II. Polyphosphate granules and phosphorus translocation. New Phytol. 84:649-659.
- 16.- CRUSH, J.R. 1974. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza VI. Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytol. 73:743-749.
- 17.- DANIELS, B.A. y TRAPPE, J.M. 1980. Factors affectin spores germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. Mycologia 72:457-471.
- 18.- DAVIS, E.A., YOUNG, J.L. y LINDERMAN, R.G. 1983. Soil lime level (pH) and VA mycorrhiza effects on growth responses of sweetgum seedlings. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:635-639.
- 19.- DAY, L.D., SYLVIA, D.M. y COLLINS, M.E. 1987. Interactions among vesicular-arbuscular mycorrhizae, soil and landscape position. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:635-639.
- 20.- DOUDS, D.D. y CHANEY, W.R. 1982. Correlation of fungal morphology and development to host growth in a greenash mycorrhiza. New Phytol. 92(4):519-526.
- 21.- FASSI, B., FONTANA, A. y TRAPPE, J.M. 1969. Ectomycorrhizae formed by *Endogone lactiflua* with species of *Pinus* y *Pseudotsuga*. Mycologia 61:412-414.
- 22.- FERRERA-CERRATO, R. 1977. Micorriza. Exámen Predoctoral. Sección de Graduados, E.N.C.B., I.P.N. México.
- 23.- FERRERA-CERRATO, R. 1983a. La semana de la hierba Simposium. La sequía y su impacto en la agricultura. La micorriza vesiculo arbuscular en los diferentes agroecosistemas. 21 y 22 de noviembre, UACH.

- 24.- FERRERA-CERRATO, R. 1983b. Los hongos micorrícicos en el desarrollo agronómico. Mesas redondas. La microbiología 3 de Junio. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 40 Aniversario del Colegio Nacional.
- 25.- FUENTES, T.M. 1981. Respuesta a la inoculación y los componentes del rendimiento en tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo México.
- 26.- FURLAN, V. y FORTIN, J.A. 1977. Effects of light intensity on the formation of vesicular-arbuscular endomycorrhizas on *Allium cepa* by *Bigaspora calospora*. New Phytol. 79:335-340.
- 27.- GARDEZI, A.K. 1986. Selección de genotipos de *Phaseolus vulgaris* de alta eficiencia en la fijación de N asociado con *Rhizobium phaseoli*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 219 pp.
- 28.- GERDEMANN, J.W. 1968. Vesicular arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytol. 6:397-418.
- 29.- GERDEMANN, J.W. y NICOLSON, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46:235-244.
- 30.- GERDEMANN, J.W. y TRAPPE, J.M. 1974. The endogonaceae in the pacific northwest mycologia. Memor 5:1-76.
- 31.- GIANINAZZI-PEARSON, V. y DIEM, H.G. 1982. Endomycorrhizae in the tropics En: Microbiology of tropical soils and plant productivity Dommergues, R.R. y Diem, H.G. (eds). 209-251 pp. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junj Publishers. The Hague.
- 32.- GIANINAZZI-PEARSON, V. y GIANINAZZI, S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. Plant and Soil 71:197-209.
- 33.- GIRARD, I. y FORTIN, J.A. 1984. Ecological habitat of mycorrhizae of Northern temperate climax forests. En: Molina, R. (ed). North American Conference on Mycorrhizae 6th. Oregon, U.S.A. 1984. Proceeding.
- 34.- GONZALEZ, Ch. M.C. 1986. Estudio de la asociación endomicorrícica en cuatro cultivares de fresa provenientes del cultivo *in vitro*. Tesis Profesional. ENEP Zaragoza. UNAM. México 137 pp.
- 35.- GUZMAN-PLAZOLA, R., FERRERA-CERRATO, R., ETCHEVERS, J.D. y CORONA, T. 1984. The symbiosis *Rhizobium-Glomus* in *Leucaena leucocephala*. En: Molina, R. (ed). North American Conference on Mycorrhizae 6th Oregon. U.S.A. 1984. Proceeding.

- 36.- GRAHAM, P.H. y ROSAS, J.C. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. *Journal of Agricultural Science* 88: 503-508.
- 37.- HAINES, B.L. y BEST, G.R. 1976. *Glomus mosseae*, endomycorrhizal with *Liquidambar styraciflua* L. seedlings retards NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ nitrogen loss from a temperate forest soil. *Plant and Soil* 45:257.
- 38.- HARDIE, K. y LEYTON, L. 1981. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth and water relations of red clover. I. In phosphate deficient soil. *New Phytol.* 89:599-608.
- 39.- HARLEY, J.L. y SMITH, S.E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- 40.- HAYMAN, D.S. 1974. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza: III. Effect of light and temperature. *New Phytol.* 73:71-80.
- 41.- HAYMAN, D.S. 1982a. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Can. J. Bot.* 61:944-963.
- 42.- HAYMAN, D.S. 1982b. En: *Advances in Agricultural microbiology* (N. S. Subba Rao ed). INH. New Delhi.
- 43.- HAYMAN, D.S. 1985. Effect of plant species, soil and environmental factors on vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) infection and nutrient uptake. En: *Nuclear techniques to study the role of mycorrhiza in increasing food crop production. A technical document* - issued by the international atomic energy, Vienna. 29-49p.
- 44.- 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. *Phytol.* 100:367-377.
- 45.- HEICHEL, G. 1978. N. Fixation, source-sink relations and photosynthetic capacity of alfalfa. En: *Selecting and breeding legumes for enhanced nitrogen fixation*. E. La Rue, T.A. Proceeding of workshop held at the Boyce Thompson Institute at Cornell 12-13.
- 46.- HETRICK, B.A. y BLOOM, J. 1984. The influence of temperature on colonization of winter wheat by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycologia* 76(5):953-956.
- 47.- JAEN, C.D. 1987. Manejo de la endomicorriza vesículo-arbuscular en la producción de frutales perennifolios (*Carica papaya*, cvs. cera y solo) cultivados en vivero. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM México. 156 pp.
- 48.- JAEN, C.D.; FERRERA-CERRATO, R. y SANTIZO, R.A. 1987. Dinámica de aparición de estructuras de endomicorriza en *Carica papaya* L. Cultivar cera. Memorias XIV. Congreso Nacional de Fitopatología, 15-17 julio 1987. Morelia, Mich. 65 p.

- 49.- JANOS, D.P. 1980. V-A mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology* 61(1):151-162.
- 50.- JANOS, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrient cycles and plant growth. Reprinted from *Tropical Rain Forest: Ecology and management* 327-345 pp.
- 51.- JEHNE, W. 1980. Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: The potencial for improvement and it's practical realization tropical grasslands 14(3):202-209.
- 52.- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Rep.* 48:692.
- 53.- KENDRICK, B. y BERCH, S. 1984. Mycorrhizae: Applications in agriculture and forestry. En: Cooney, C.I. y Humphrey, A.E. (eds). *Comprehensive biotechnology*. Pergamon Press. Oxford 109-152 pp.
- 54.- KHAN, A.G. 1974. La ocurrencia de micorrizas halófitas, hidrófitas y xerófitas y esporas de *Endogone* en suelos adyacentes. *J. of Gen. Microbiol.* 81:7-14.
- 55.- KINDEN, A.D. y MORTON, F.G. 1975. Electron microscopy of vesicular arbuscular of yellow poplar IV. Host-endophyte interaction. *Can. J. Microbiol.* 22:64-75.
- 56.- KOSKE, R.E. 1987. Distribution of VA mycorrhizal fungi along a latitudinal temperature gradient. *Mycologia* 79(1):55-68.
- 57.- KOVACIC, D.A., St. JOHN, T.V. y DYER, M.I. 1984. Lack of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum in a ponderosa pine forest. *Ecology* 65(6):1755-1759.
- 58.- LAMBERT, D.H., BAKER, D.E. y COLE, H. 1979. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43:976-980.
- 59.- LAMBERT, D.H., COLE, H. y BAKER, D.E. 1980. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. *New Phytol.* 85:513-520.
- 60.- LEWIS, D.H. 1973. Concepts in fungal nutrition and the origen of biotrophy. *Biol. Rev.* 48:261-278.
- 61.- MACEDO, A.S. y FERRERA-CERRATO, R. 1981. Infección de la micorriza vesículo-arbuscular en diferentes leguminosas de las localidades que forman el plan Zacapoaxtla, Puebla, México. *Memorias del XIV Congreso de la Ciencia del Suelo*. S.L.P. México. Vol. I:509-517.
- 62.- MARX, D.H. 1980. Role of mycorrhizae in forestation of surface mines. Proc. Trees for reclamation sponsored by Interstate Mining Compact Comission and USDA Forest Service, Lexington, Kentucke, October 27-28, 109-116 pp.

- 63.- MEYER, F.H. 1973. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. En: Ectomycorrhizae. Marks, G.C., Kozlowski, T. T. (eds). Academic Press. London, New York.
- 64.- MITCHEL, R.L. 1970. Crop growth and culture. The Iowa State University Press. U.S.A. 34 p.
- 65.- MOAWAD, M. 1979. Ecophysiology of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the tropics p. 197-209. En: The soil-root interfase, ed by Harley, J.L. y Scott-Russel, R. Academic Press, 448 pp.
- 66.- 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.B., ZIEGLER, H., PRINGER-VERLAG eds.) 391-421 pp.
- 67.- MOSSE, B. 1973. Advances in the study of vesicular arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopatol. 11:171-196.
- 68.- MOSSE, B. 1977. The role of mycorrhiza in legume nutrition on marginal soils. En: Exploiting the legume-*Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture, 275-292. Vincent, J.M., Whitney, A.S. and Bose, J. (eds) College of Tropical Agriculture, University of Hawaii Misc. Publ. 145.
- 69.- NEWMAN, E.I. 1985. Mycorrhizas in relation to mineral nutrition of grassland plants. En: Nuclear techniques to study the role of mycorrhiza in increasing food crop production. A technical document issued by the international atomic energy agency, Vienna, 103-109 pp.
- 70.- NICOLSON, T.H. 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza a universal plant symbiosis. Sci. Progr. Oxford, 55:561-568.
- 71.- OBIETA, O.M.C. 1977. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM, México, D.F. 85 pp.
- 72.- OWUSU-BENNOAH, E. y MOSSE, B. 1979. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhizal XI Field inoculation response in barley, lucerne and onion. New Phytol. 83:671-679.
- 73.- PACIOS, P.M.C. 1983. Micorrizas VA en plantas adventicias desarrolladas sobre un suelo Antrópico de Buenos Aires. Ciencia del Suelo 1:33-38.
- 74.- PANG, P.C. y PAUL, E.A. 1980. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on ^{14}C and ^{15}N distribution in nodulated fababeans. Can. J. Soil Sci. 60:241-250.

- 75.- PEYRONEL, B., FASSI, B., FONTANA, A. y TRAPPE, J.M. 1969. Terminology of mycorrhizae. *Mycologia* 61:410-411.
- 76.- PHILLIPS, J.M. y HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- 77.- REDENTE, E.F. y REEVES, F.B. 1981. Interactions between vesicular arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* and their effect on sweetvetch growth. *Soil Science* 132(6):410-415.
- 78.- REY, C.J.A. 1975. Estudio de suelos de la estación de enseñanza, investigación y servicios forestales de Zoquiapan. Depto. de Bosques. UCh. Chapingo, México.
- 79.- RHODES, L.H. y GERDEMANN, J.W. 1975. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytol.* 75:555-561.
- 80.- RODRIGUEZ, D.B. 1975. Descripción general del área de Zoquiapan. Mimeografiado inédito. Departamento de Bosques, Area de Ingeniería. Chapingo, México.
- 81.- RODRIGUEZ-MENDOZA, M.N. 1983. Estudio y caracterización de la relación simbiótica de *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris*) de distintos hábitos de crecimiento. Tesis Profesional. F.E.S. Cuautitlán, UNAM. México. 1-185.
- 82.- RODRIGUEZ-MENDOZA, M.N. y FERRERA-CERRATO, R. 1984. Estudio y caracterización de la relación simbiótica de *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de distintos hábitos de crecimiento. XII Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*. 21-26 de octubre de 1984. Memorias.
- 83.- ROSS, J.P. 1971. Effect of phosphate fertilizer on yield of mycorrhizal and non-mycorrhizal soybean. *Phytopathology* 61:1400-1403.
- 84.- ROSS, J.P. y HARPER, J.A. 1970. Effect of *Endogone* mycorrhiza on soybean yields. *Phytopathology* 60:1552-1556.
- 85.- SAFIR, R.G. 1980. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and crop productivity. En: *The biology of crop productivity* (Ed. by Peters Carlson). Academic Press. Inc. a subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 231-249 pp.
- 86.- SANDERS, F.E. y TINKER, P.B. 1975. Rhizosphere microorganisms and plant nutrition. *Soil Sci.* 119:355-368.
- 87.- SANDERS, F.E., TINKER, P.B., BLACK, R.L.B. y PARMERLEY, S.M. 1977. The development of endomycorrhizal root systems. I. Spread of infection and growth-promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. *New Phytol.* 78:257-268.

- 88.- SCHENCK, N.C. y PEREZ, Y. 1987. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi, University of Florida, Gainesville Florida, 245 pp.
- 89.- SCHULTZ, R.C., KORMANIK, P.P., BRYAN, W.C. y BRISTER, G.H. 1979. Vesicular-arbuscular mycorrhiza influence growth but no mineral concentrations in seedlings of eight seetgum families. Can. J. For. Res. 9:218-223.
- 90.- SIEVERDING, E. 1985. Curso de Micorriza. Secc. de Microbiología Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. Noviembre 11-15.
- 91.- SIQUEIRA, J.O., HUBBELL, D.H. y SCHENCK, N.C. 1982. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *in vitro*. Mycologia 74:952-959.
- 92.- SIQUEIRA, J.O., HUBBELL, D.H. y MAHMUD, A.W. 1984. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Soil 76: 115-124.
- 93.- SMITH, S.E. 1974. Mycorrhizal fungi. CRC. Critical Review in Microbiology. June 273-313 pp.
- 94.- SMITH, S.E. 1982. Inflow of phosphate into mycorrhizal and non-mycorrhizal plants of *Trifolium subterraneum* at different levels of soil phosphate. New Phytol. 90:293-303.
- 95.- SNELLGROVE, R.C., SPLITTSTOESSER, W.E., STRIBLEY, D.P. y TINKER, P.B. 1982. The distribution of carbon and the demand of the fungal symbiont in leek plants with vesicular-arbuscular mycorrhizas New. Phytol. 92:75-87.
- 96.- SOLORZANO, V.R. 1982. Clasificación de hábitos de crecimiento en *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 55-56.
- 97.- ST. JOHN, T.V. y COLEMAN, D.C. 1983. The role of mycorrhizae in plant ecology. Can. J. Bot. 61:1005-1014.
- 98.- TIMMER, L.W. y LEYDEN, R.F. 1980. The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus induced copper deficiency in sour Orange seedlings. New Phytol. 85:15-23.
- 99.- TINKER, P.B. 1980. Root-soil interactions in crop plants. En: Soils and agriculture (Ed. Por Tikder, P.B.) Blackwell Scientific Publications Critical reportes on Applied Chemistry 2:151.
- 100.- TRAPPE, J.M. y FOGEL, R.D. 1977. Ecosistematic functions of mycorrhizae. Range Sci. Dep. Sci. Ser. No. 26. Colorado State Univ. Fort Collins by the Fores Service, U.S. Department of Agriculture, 205-214 .

- 101.- TRAPPE, J.M. y SCHENCK, N.C. 1982. A vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. (Endogonales.) En: Methods and principles of mycorrhizal research. (Ed. by Schenck, N.C.) 1-9 pp. St. Paul MN: American Phytopathological Society.
- 102.- TURNER, G.L. y GIBSON, A.H. 1980. Measurement of Nitrogen Fixation by indirect means. En: Bergersen, F.J. (ed). Method for evaluating Biological Nitrogen Fixation, John Wiley and Sons. Ltd 111-138.
- 103.- VEGA, A.R. 1982. Manual de la flora de la estación experimental de enseñanza e investigación y servicios forestales Zoquiapan. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapinigo, México, 364 pp.
- 104.- ZAVALA, Ch. F. 1984. Sinecología de la vegetación de la estación de enseñanza e investigación forestal Zoquiapan, Estados de México y Puebla. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacan 164 pp.

APÉNDICE A.

Cuadro A-1. Análisis físico-químico del suelo de Lomas de San Juan, utilizado en el experimento

Propiedades del suelo	valores y concentración
Textura: Arena	50%
Limo	23%
Arcilla	27%
Reacción pH	6.4
Conductividad eléctrica	0.35(mohms/cm a 25°C)
Materia orgánica	1.57 ppm
Nutrientes asimilables:	
Fósforo	0.74 ppm
Potasio	0.019 ppm
Calcio	0.171 ppm
Magnesio	0.492 ppm
Sodio	0.124 ppm
Nitrógeno total	0.06 ppm