



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
UNAM

VARIACION ESTACIONAL DE LOS HONGOS
MICORRIZOGENOS PRESENTES EN SUELOS DE
MAIZ/HABA, MAIZ/ALVERJON Y MAIZ/FRIJOL DEL
VOLCAN LA MALINTZI, TLAXCALA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRIA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A

BIOL. HECTOR SANTOS LUNA ZENDEJAS

DIRECTORA DE TESIS: M. EN C. LUCIA YOLANDA VARELA FREGOSO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ESTE TRABAJO SE LLEVÓ A CABO EN EL LABORATORIO DE
MICOLOGÍA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA, DENTRO
DEL PROYECTO CONACyT 4758, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA M. en
C. LUCÍA YOLANDA VARELA FREGOSO.**

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Lucía Y. Varela Fregoso, por su participación como directora de este trabajo de tesis.

A las autoridades del C.I.C.B., por la facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo: Méd. Cir. Luis Antonio Angulo Montejo, Coordinador.

Lic. Rodolfo Calacich Casasuz, por todo el apoyo recibido durante su estancia en el C.I.C.B., U. A. T.

A los miembros del sínodo por sus acertadas críticas y sugerencias hechas a este trabajo:

Dr. Ronald Ferrera Cerrato, Sección de Microbiología de Suelos, Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Montecillo.

Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

Dr. Emmanuel Rincón, Instituto de Ecología, U.N.A.M.

Muy especialmente:

Al Dr. Arturo Estrada Torres, Laboratorio de Micología, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, U.A.T., por todo su apoyo, tiempo y dedicación recibidos durante la realización del trabajo.

Dra. Patricia Lappe Oliveras, Laboratorio de Micología, Instituto de Biología, U.N.A.M., por su invaluable ayuda durante muchos momento difíciles.

Dr. Teófilo Herrera Suárez, Laboratorio de Micología, Instituto de Biología, U.N.A.M., por su gentileza y finas atenciones.

A los señores: Benigno Tzoni Patlani, Marcial Cortés, Andrés Cortés, Alfonso Cisneros, Nicolás Albañil y Casimiro Aguilar, por haber proporcionado información y facilitado los terrenos para que se llevará a cabo la realización del estudio en el municipio de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Micología del C.I.C.B., U.A.T., que de alguna forma participaron en la elaboración de esta tesis.

A mis amigos Mercedes, Laboratorio de Micología del C.I.C.B., U.A.T., José Luis, Victoria y Lulú del Laboratorio de Recursos Vegetales, C.I.C.B., U.A.T., Elvira, Dr. Ulloa y Samuel del Laboratorio de Micología, Instituto de Biología, U.N.A.M. y Serafín Nava, por su amistad y cariño.

Al señor Rolando Salas Mojica, por su amistad y ayuda incondicional durante toda mi estancia en el C.I.C.B.

DEDICATORIA

DEDICADA ESPECIALMENTE

A mi hija ALEJANDRA LUNA por enseñar y demostrarme que ante la adversidad siempre habrá una oportunidad para salir adelante.

A mi hija Marevna Luna

A mi esposa Gloria Alvarado

A mis padres María Teresa Zendejas y Javier Luna

A mis hermanos Marcela, Javier, Patricia, Carlos, Rosa y Elizabeth

A mi cuñados y cuñadas.

A todos y cada uno de mis sobrinos

A mis tías María y Socorro Zamora

Por darme incondicionalmente cada día su cariño, apoyo y comprensión .

ÍNDICE

	Pag.
RESUME	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	6
2.1 FACTORES FÍSICOS	7
2.1.1 TEMPERATURA	7
2.1.2 LUZ	7
2.1.3 AGUA	7
2.1.4 AIREACIÓN	8
2.1.5 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	8
2.1.6 MALEZAS	8
2.1.7 PERÍODOS ESTACIONALES	8
2.2 FACTORES QUÍMICOS	9
2.2.1 pH	9
2.2.2 FÓSFORO	9
2.2.3 NITRÓGENO	9
2.2.4 PESTICIDAS	10
2.3 FACTORES BIÓTICOS	10
2.3.1 ESPECIE DE PLANTA HOSPEDERA	10
3. OBJETIVOS	14
4. ÁREA DE ESTUDIO	15
4.1 GEOLOGÍA	15
4.2 FISIOGRAFÍA	16
4.3 SUELO	16
4.4 CLIMA	16
4.5 HIDROLOGÍA	16

5. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1 SELECCIÓN DE LOS TERRENOS	17
5.2 RECOLECCIÓN DE SUELOS Y RAÍCES	17
5.3 ALMACENAMIENTO DE SUELO	19
5.4 RECUPERACIÓN DE LAS ESPORAS	19
5.5 ELABORACIÓN DE PREPARACIONES PERMANENTES	19
5.6 CUANTIFICACIÓN DE ESPORAS	20
5.7 MACETAS DE PROPAGACIÓN	20
6. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS	21
6.1 TEXTURA	21
6.2 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	21
6.3 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	22
6.4 pH	22
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	22
8. RESULTADOS	23
8.1 MANEJO AGRÍCOLA DE LOS TERRENOS	23
8.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS	24
8.3 RIQUEZA DE ESPECIES DE HONGOS MA	25
8.4 ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA	27
8.4.1 TERRENOS CULTIVADOS CON HABA (1-H y 2-H)	27
8.4.2 TERRENOS CULTIVADOS CON ALVERJÓN (1-A y 2-A)	30
8.4.3 TERRENOS CULTIVADOS CON FRIJOL (1-F y 2-F)	33
8.5 VARIACIÓN ESTACIONAL DE HONGOS MA	36
8.6 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR ESPECIE	39
8.6.1 <i>Acaulospora laevis</i> (ALVS)	39
8.6.2 <i>Scutellospora dipurpurascens</i> (CDPP)	40
8.6.3 <i>Glomus mosseae</i> (LMSS)	41
8.6.4 <i>Acaulospora bireticulata</i> (ABRT)	42
8.6.5 <i>Acaulospora</i> sp.	43
8.6.6 <i>Acaulospora delicata</i> (ADLC)	44
8.6.7 <i>Glomus etunicatum</i> (LETC)	54

8.7 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR TERRENO	47
8.8 ANÁLISIS DE RESIDUALES AJUSTADOS	53
9. DISCUSIÓN	55
9.1 RIQUEZA DE ESPECIES DE HONGOS MA	55
9.2 ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA	56
9.3 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS HONGOS MA	58
9.4 ANÁLISIS DE RESIDUALES AJUSTADOS Y SU RELACIÓN CON LA VARIACIÓN ESTACIONAL Y LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA	60
9.4.1 Acaulospora laevis (ALVS)	60
9.4.2 Acaulospora delicata (ADLC)	61
9.4.3 Acaulospora sp.	62
9.4.4 Glomus mosseae (LMSS)	63
9.4.5 Glomus etunicatum (LETC)	65
9.4.6 Scutellospora dipurpurascens (CDPP)	66
9.4.7 Scutellospora pellucida (CPLC)	67
9.4.8 Gigaspora gigantea (GGGT)	67
9.4.9 Gigaspora margarita (GMRG)	68
9.4.10 Acaulospora bireticulata (ABRT)	69
9.4.11 Acaulospora mellea (AMLL)	70
9.5 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR TERRENO	71
10. CONCLUSIONES	74
11. LITERATURA CITADA	75
PLANTILLA FOTOGRÁFICA	84

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 1. Tipos de micorriza y sus hospedantes	4
CUADRO 2. Datos de la recolección de raíces y suelo	18
CUADRO 3. Datos de manejo agrícola de los terrenos	23
CUADRO 4. Características físicas y químicas de los suelos	24
CUADRO 5. Lista de las especies de hongos micorrizógenos	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa del área de estudio	15
FIGURA 2. <i>Acaulospora laevis</i> (ALVS)	84
FIGURA 3. <i>Scutellospora dipurpurascens</i> (CDPP)	84
FIGURA 4. <i>Glomus mosseae</i> (LMSS)	84
FIGURA 5. <i>Acaulospora bireticulata</i> (ABRT)	84
FIGURA 6. <i>Acaulospora</i> sp.	84
FIGURA 7. <i>Acaulospora delicata</i> (ADLC)	84
FIGURA 8. <i>Glomus etunicatum</i> (LETC)	84
FIGURA 9. <i>Gigaspora gigantea</i> (GGGT)	84
FIGURA 10. <i>Gigaspora margarita</i> (GMRG)	84
FIGURA 11. <i>Acaulospora mellea</i> (AMLL)	84
FIGURA 12. <i>Acaulospora appendicula</i> (AAPD)	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pag.
GRÁFICA 1. Abundancia relativa de las especies del terreno 1-h	28
GRÁFICA 2. Abundancia relativa de las especies del terreno 2-H	29
GRÁFICA 3. Abundancia relativa de las especies del terreno 1-A	31
GRÁFICA 4. Abundancia relativa de las especies del terreno 2-A	32
GRÁFICA 5. Abundancia relativa de las especies del terreno 1-F	34
GRÁFICA 6. Abundancia relativa de las especies del terreno 2-F	35
GRÁFICA 7. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA (t 1-H y t 2-H)	36
GRÁFICA 8. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA (t 1-A y t 2-A)	37
GRÁFICA 9. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA (t 1-F y t 2-F)	38
GRÁFICA 10. Variación estacional del número de esporas de <i>Acaulospora laevis</i> (ALVS)	39
GRÁFICA 11. Variación estacional del número de esporas de <i>Scutellospora dipurpurascens</i> (CDPP)	40
GRÁFICA 12. Variación estacional del número de esporas de <i>Glomus mosseae</i> (LMSS)	41
GRÁFICA 13. Variación estacional del número de esporas de <i>Acaulospora bireticulata</i> (ABRT)	42
GRÁFICA 14. Variación estacional del número de esporas de <i>Acaulospora</i> sp.	43
GRÁFICA 15. Variación estacional del número de esporas de <i>Acaulospora delicata</i> (ADLC)	44
GRÁFICA 16. Variación estacional del número de esporas de <i>Glomus etunicatum</i> (LETC)	45
GRÁFICA 17. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 1-H	47
GRÁFICA 18. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 2-H	48
GRÁFICA 19. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 1-A	49

GRÁFICA 20. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 2-A	50
GRÁFICA 21. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 1-F	51
GRÁFICA 22. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del t 2-F	52
GRÁFICA 23. Residuales ajustados de las especies encontradas en los terrenos estudiados	53

RESUMEN

Se realizó un estudio de la variación estacional de los hongos micorrizógenos arbusculares (MA) en agrosistemas de la región de San Juan Ixtenco, Tlaxcala, en donde se lleva a cabo la práctica de rotación de cultivo, sembrando una leguminosa (haba, alverjón y frijol) después de sembrar una gramínea (maíz) por dos o tres años consecutivos. El objetivo del presente trabajo fue analizar la variación estacional de los hongos MA asociados a cultivos de leguminosas.

Se encontraron 22 especies de hongos MA asociados con las leguminosas. El menor número de especies (15) se encontró en terrenos con haba, en tanto el mayor (22) correspondió a terrenos con frijol.

Once especies se encontraron en todos los terrenos, siendo las más abundantes *Acaulospora delicata*, *A. laevis*, *Glomus etunicatum* y *Scutellospora dipurpurascens*. Sin embargo, su abundancia relativa varió dependiendo de la leguminosa cultivada.

A. delicata y *A. laevis* fueron las especies dominantes en los terrenos cultivados con haba, en tanto *A. delicata*, *Sc. dipurpurascens* y *Gl. etunicatum* fueron las especies más abundantes en los suelos cultivados con frijol. En los terrenos cultivados con alverjón ocho especies de hongos MA presentaron una codominancia entre ellas.

El número de esporas varió en los tres cultivos concordando con la fonología de la planta, encontrándose en niveles bajos al momento de la siembra y manteniéndose así hasta la floración, momento en el que comenzó a incrementarse hasta alcanzar el mayor número de esporas en la etapa de la maduración de los frutos.

Las leguminosas utilizadas en práctica de rotación de cultivo influyeron sobre las poblaciones de hongos MA. Así *Glomus etunicatum* incremento su población en los cultivos de haba, *Acaulospora bireticulata* y *A. mellea* en los cultivos de alverjón y *Glomus etunicatum*, *Gigaspora gigantea*, *A. bireticulata* en los de frijol, en tanto que las poblaciones de esporas de *Acaulospora delicata* se incrementaron en los tres cultivos.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se basa en la utilización de una gran variedad de insumos químicos como fertilizantes, herbicidas y pesticidas, así como del empleo de maquinaria, con el propósito de obtener altas producciones; sin embargo, esto ha provocado la contaminación de mantos acuíferos y la erosión del suelo. Por tales motivos, en los últimos años se ha impulsado el uso de otras alternativas que conduzcan a incrementar la producción y que además protejan el medio a través de las interacciones biológicas de la biota del suelo. Entre una de ellas está la micorriza arbuscular, que es un factor clave en el intercambio de elementos entre el suelo y las raíces de las plantas, reduciendo la necesidad del uso de fertilizantes químicos involucrados con la alta producción. El propósito de incrementar la productividad en suelos marginales en donde el manejo adecuado de los hongos MA puede ser una alternativa más acorde con los sistemas de producción tradicionales.

Las plantas, animales y microorganismos que viven en un área y conforman una comunidad biológica están interconectados por una intrincada trama de relaciones, las cuales incluyen el medio físico (abiótico) en el que cohabitan (Ehrlich y Ehrlich, 1970). Las plantas están en contacto con el suelo a través de una interfase llamada rizosfera.

La rizosfera se ha definido como el volumen de suelo que se encuentra inmediato a las raíces, y que está afectado por las diversas actividades de las plantas, como es la captación de agua y de nutrientes minerales, la respiración, la producción de exudados radicales, etc. El suelo circundante a la rizosfera difiere de ésta en sus propiedades físicas y químicas como pH, potencial de agua, tensiones parciales de O_2 y de CO_2 y concentraciones de carbohidratos solubles (Garbaye, 1991).

A través de su sistema radical las plantas proveen un nicho a diversos microorganismos, que habitan el suelo, como hongos y bacterias. Algunos de estos hongos están íntimamente asociados a las plantas, y ambos dependen de la presencia del otro para sobrevivir en su ambiente. Tal es el caso de los hongos que forman micorriza, la cual es una asociación simbiótica mutualista que se considera como una parte integral de las plantas y juega un papel relevante en la absorción de nutrientes bajo condiciones naturales (Gianinazzi y Gianinazzi-Pearson, 1990; Pankow *et al.*, 1991). En analogía al término

rizosfera, el concepto de micorrizosfera se ha definido como la rizosfera de una raíz colonizada por hongos micorrizógenos arbusculares (MA) (Garbaye, 1991).

A fines del siglo pasado el botánico alemán Frank, acuñó el término micorriza para describir estas asociaciones hongo-planta (Hawksworth *et al.*, 1995; Powell y Bagyaraj, 1986; Bagyaraj, 1991).

Existen diferencias entre las distintas especies vegetales en cuanto a su dependencia por la micorriza, siendo por lo general, las leguminosas más dependientes que las gramíneas. La dependencia por la micorriza se basa principalmente en la morfología del sistema radical de las plantas. Las leguminosas poseen un sistema de raíces que se caracteriza por ser poco extensivo en relación a las gramíneas, lo cual conlleva a que ese tipo sea menos eficiente en la absorción de los nutrimentos, y por ello puede manifestar una gran respuesta a la colonización por hongos micorrizógenos, (Haynes, 1980; Abbott y Robson, 1984; Sainz y Arines, 1988).

Existen distintas clases de micorrizas, pero una de las que han sido más estudiadas es la llamada micorriza arbuscular, que es una asociación simbiótica mutualista que se establece entre las raíces de diversas plantas y el micelio de algunos hongos del orden Glomales (Harley y Smith, 1983), la cual se presenta en un gran número de angiospermas (herbáceas, arbustivas y leñosas), gimnospermas, pteridofitas (Lycopodiaceae y Equicetaceae) y briofitas (Barea y Azcón-Aguilar, 1983). Los distintos tipos de micorrizas (Cuadro 1) se reconocen según los caracteres morfo-anatómicos que presentan, las características de la colonización y los organismos mutualistas que la establecen.

Cuadro 1. Tipos de micorriza y sus hospedantes (Bagyaraj, 1991)

Tipo de micorriza	Hospedantes plantas/familias
Ectomicorriza	Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae, Leguminosae, Salicaceae, Tiliaceae, Rosaceae, Juglandaceae, etc.
Micorriza arbuscular	La mayoría de las plantas incluyendo aquellas de importancia agrícola, hortícola, hierbas y bosques tropicales
Ericoide	Ericaceae y Epacridaceae
Orquideoide	Orchidaceae
Arbutoide	Arbutus, Monotropa

Los hongos involucrados en esta asociación se han clasificado dentro de los zigomicetes, por la presencia de micelio cenocítico cuya pared está constituida de quitina y quitosano (Griffin, 1981) y por la gran similitud de las acigosporas con las cigosporas.

Morton y Benny (1990) incluyeron a todos los hongos mutualistas obligados que forman micorriza arbuscular en el orden Glomales. Estos son de gran importancia por estar asociados a muchas especies cultivadas de interés económico como la mayoría de gramíneas, leguminosas, hortalizas y oleaginosas.

La acción benéfica de los hongos micorrizógenos sobre sus hospedantes vasculares, radica en que a través de la actividad enzimática de su micelio, captan de manera más eficiente los nutrimentos minerales del suelo, como N, K, Ca, Zn y Sr (Trappe, 1981), a su vez el hongo obtiene azúcares y otros productos de la fotosíntesis que por su carácter heterótrofo es incapaz de producir por sí mismo (Harley y Smith, 1983).

Numerosos trabajos han demostrado el efecto de estos hongos sobre el desarrollo de las plantas (Bagyaraj *et al.*, 1979; Smith *et al.*, 1974). Otros efectos derivados de la presencia del hongo son la producción de fitohormonas (Allen *et al.*, 1980, 1982), la conservación del suelo a través de la formación de agregados (Miller y Jastrow, 1992) y la protección frente a patógenos (Bagyaraj, 1984; Graham, 1986; Lindermann, 1988; Menge, 1983) además de proporcionarles resistencia a la sequía (Allen y Boosalis, 1983). Como resultado, estos organismos han sido considerados como fertilizantes biológicos, cuyo uso en la agricultura podría reducir la aplicación de fertilizantes químicos (Azcón-G. de Aguilar *et al.*, 1979).

En México, el potencial de la micorriza arbuscular ha sido probado en frutales (Botello *et al.*, 1993; González-Chávez y Ferrera-Cerrato, 1996), leguminosas (Guzmán-Plazola *et al.*, 1993) y gramíneas (Gavito y Varela, 1990).

La presencia y distribución de la asociación micorrízica arbuscular ha sido estudiada en gran diversidad de hábitats naturales y comunidades vegetales (Abbott y Robson, 1977). Su distribución se basa en la de las plantas con las cuales están asociadas, creciendo en regiones árticas, templadas y tropicales (Gerdemann, 1968; Hayman, 1970, 1982; Fitter, 1989). La distribución de las especies de hongos micorrizógenos varía con relación al clima y medio edáfico. Por ejemplo, *Acaulospora laevis* es común en el oeste de Australia (Abbott y Robson, 1977) y Nueva Zelanda (Mosse y Bowen, 1968), pero es menos frecuente en suelos del este de Australia (Mosse y Bowen, 1968).

2. ANTECEDENTES

Los suelos agrícolas son parte de un complejo sistema biogeoquímico en el cual persisten estructuras orgánicas que son formadas alrededor de una matriz geoquímica inerte, y cuyo comportamiento a gran escala es gobernado por procesos fundamentalmente fisiológicos (O'Neill *et al.*, 1991). Estos suelos se han considerado lugares de extremos y abruptos cambios ecológicos, ya que están sujetos a constantes disturbios físicos (erosión) y químicos (uso de pesticidas y fertilizantes), los que provocan diversos cambios en la estructura biótica.

La importancia de los hongos micorrizógenos en la agricultura está basada en su papel como vínculo entre las plantas y el suelo, actuando como intermediarios en el transporte y captación de nutrimentos (Elliott y Coleman, 1988; Gerdemann, 1968), facilitando la absorción de elementos minerales poco solubles y que se encuentran en bajas concentraciones como el calcio, hierro, magnesio, azufre y fósforo, por lo que forman un eslabón primordial entre las partes bióticas y abióticas del sistema (O'Neill *et al.*, 1991). Sin embargo, cualquier efecto benéfico en la nutrición de las plantas cultivadas dependerá de la infectividad, efectividad y abundancia de cada una de las especies de hongos micorrizógenos presentes en los suelos (Abbott y Robson, 1982). Estos aspectos sólo han sido estudiados someramente, ya que la mayor parte de los trabajos efectuados en suelos agrícolas analizan solamente la influencia de las prácticas de manejo de los terrenos sobre la cantidad de hongos micorrizógenos.

Para entender como funciona el sistema (planta raíces hongos MA), es necesario tener información sobre la composición de la comunidad y abundancia relativa de cada una de las especies presentes en él (Johnson y Pflieger, 1992). El beneficio que los hongos nativos puedan brindar a las plantas cultivadas en determinados suelos dependerá de las prácticas agrícolas que sean seleccionadas (Sieverding, 1987), ya que éstas afectan la densidad de las raíces, la extensión de la colonización y la formación de esporas por unidad de raíz colonizada, y por ende, la abundancia relativa de las especies de hongos MA (Abbott y Robson, 1982).

Diversos factores físicos, químicos y bióticos del suelo afectan la distribución, abundancia, diversidad y riqueza de las especies de hongos MA los suelos.

2.1 FACTORES FÍSICOS

2.1.1 TEMPERATURA

Se ha determinado que bajo condiciones controladas en invernadero la temperatura tiene una influencia significativa sobre la colonización y esporulación de algunos hongos MA, observándose que a altas temperaturas generalmente se presenta una alta colonización y se incrementa la esporulación (Furlan y Fortin, 1973). Asimismo, el máximo desarrollo de arbusculos se ha presentado durante el establecimiento de la micorriza arbuscular a los 30° C, en tanto la colonización miceliar de las raíces se da entre 28° y 34° C. Lo anterior sugiere que la temperatura activa el desarrollo de la micorriza arbuscular y puede explicar el lento desarrollo de la colonización de cultivos agrícolas en suelos templados (Black y Tinker, 1979), en donde la temperatura es baja comparada con la de suelos tropicales.

2.1.2 LUZ

Los hongos MA tienen su fuente de carbón de la planta hospedante, por lo que el efecto de la luz sobre la micorriza arbuscular parece depender de la fotosensibilidad de la especie hospedante (Redhead, 1975). Furlan y Fortin (1977) observaron el efecto estimulador de la luz sobre el desarrollo de la micorriza arbuscular en raíces de cebolla, probando que la sombra no solo puede reducir la colonización de las raíces y la producción de esporas, sino también la respuesta de la planta a la micorrización (Gerdemann, 1968).

2.1.3 AGUA

Los hongos micorrizógenos se encuentran presentes en diversos tipos de suelos. La colonización micorrízica ha sido conocida tanto en regiones áridas (Khan, 1974), como en suelos húmedos o pantanosos (Dowding, 1959). En las raíces de plantas acuáticas también se ha observado la presencia de la asociación micorrízica. No obstante, las altas concentraciones de O₂, pueden inhibir la germinación de las esporas de hongos micorrizógenos así como la colonización de las raíces (Saif, 1981), sin embargo, se ha observado que posiblemente el agua del suelo pueda seleccionar ciertas especies de hongos MA.

2.1.4 AIREACIÓN

La aireación que se presenta en los diferentes tipos de suelos también juegan un papel importante al determinar la composición de los hongos MA ya que puede inhibir la germinación y/o crecimiento de las hifas de estos hongos (Land y Schönbeck, 1991).

2.1.5 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

En los agrosistemas se emplean diversas prácticas agrícolas, las cuales pueden alterar las poblaciones de hongos MA, la composición de especies y la colonización. Al realizar simultáneamente la quema, siega y pastoreo sobre praderas, se reduce la cantidad de esporas de estos hongos (Bentivenga y Hetrick, 1992). La labranza trae como consecuencia la compactación del suelo que provoca condiciones anaeróbicas, estrés por agua en las plantas y disminución en la colonización micorrízica.

2.1.6 MALEZAS

La presencia de malezas que favorecen a ciertas especies de hongos MA inefectivas en un cultivo en particular o área, puede interferir con el mantenimiento de las poblaciones de especies nativas o introducidas. Algunas malezas favorecen la presencia de especies de hongos MA benéficas para algunos cultivos por lo que el deshierbe puede ser una práctica no favorable para éstos cultivos (Kurle y Pflieger, 1994).

2.1.7 PERÍODOS ESTACIONALES

La abundancia de los hongos MA en suelos cultivados con trigo está fuertemente influenciada por las estaciones del año, incrementándose durante el verano (Hayman, 1970). Cuenca (1988) demostró que en el trópico los propágulos de hongos MA se incrementan durante el período de lluvias.

2.2 FACTORES QUÍMICOS

2.2.1 pH

Los efectos del pH en el suelo son difíciles de evaluar ya que muchas propiedades químicas del mismo varían con los cambios de este factor. Se ha podido determinar que el pH es importante en procesos como la germinación, formación de la micorriza, colonización, número de esporas y establecimiento en los diferentes ambientes (Kruckelmann, 1975). Daniels y Trappe (1980) determinaron que el 40% de la germinación de *Glomus epigeum* se presentó en un pH de 4.8-8, siendo 7 el óptimo. Lambert y Cole (1980) reportaron que seis aislamientos de *Glomus tenue* difirieron en su capacidad para formar micorriza a pH bajo. Daft *et al.* (1975) reportaron una alta colonización por hongos MA en plantas que se desarrollaron sobre escombros de minas con un pH de 2.7. Aunado a esto, los cambios de pH en el suelo influyen sobre la solubilidad de diversos compuestos fosforados, alterando así la absorción de este elemento (Graw, 1979).

2.2.2 FÓSFORO

Se encuentra presente en el suelo formando parte tanto de sustancias orgánicas como inorgánicas, que son esenciales para el metabolismo de las plantas. La adición de fósforo afecta la colonización de la raíces por este tipo de hongos. En suelo arenoso la producción máxima de esporas por *Glomus fasciculatum* en naranjo agrio se presentó al adicionar fósforo en 50 ppm. Este elemento también influye sobre la colonización micorrizica ya que afecta las concentraciones de carbohidratos de las raíces (Jasper *et al.*, 1979) o la cantidad de exudados (Graham *et al.*, 1981). Los fertilizantes fosforados aplicados en grandes cantidades causan efectos negativos sobre el número de esporas y porcentaje de colonización (Hayman *et al.*, 1975).

2.2.3 NITRÓGENO

Es un constituyente de compuestos orgánicos e inorgánicos que en el suelo se presenta en forma de nitrato, nitrito, sales amoniacales y amoniaco. La mayor parte de este elemento se encuentra en estado orgánico, ya sea en residuos nitrogenados de plantas y animales (humus), en microorganismos o en compuestos orgánicos, como los aminoácidos y las amidas. El nitrógeno gaseoso del suelo no es accesible a la mayoría de las plantas, pero ciertos microorganismos pueden fijarlo para formar compuestos nitrogenados. Altas

concentraciones de este elemento pueden disminuir el número de esporas y el potencial de inóculo en suelos cultivados con cebada y trigo (Hayman, 1970; Baltrushat y Dehne, 1989), sin embargo, aplicado a bajas cantidades el número de esporas se incrementa en praderas (Bentivenga y Hetrick, 1992). Hayman (1975) demostró que la fertilización con nitrógeno tuvo un efecto negativo, ya que reduce la colonización micorrízica. Menge (1984) demostró que la fertilización de cítricos con más de 100 ppm de nitrógeno en una mezcla de NO_3 y NH_4 , retardó la colonización micorrízica. Por tanto se ha revelado que concentraciones altas de nitrógeno en el suelo pueden influir notablemente sobre la distribución y abundancia de los hongos micorrizógenos.

2.2.4 PESTICIDAS

El empleo de fungicidas, nematicidas, herbicidas e insecticidas y de manejo del suelo durante las prácticas agrícolas, afectan cualitativa y cuantitativamente las poblaciones de esporas de hongos MA, ya que muchos de ellos contienen metales pesados y su presencia en los suelos afecta su germinación de sus esporas (Hepper y Smith, 1976). Fungicidas como el benomyl (Hayman, 1982) y herbicidas como el oxifluorfen, el oxadiazón y la cianacina inhiben la esporulación y disminuyen el porcentaje de colonización en casava (Sieverding y Leihner, 1984), tomate, sorgo (McGraw y Hendrix, 1984) y alverjón (García-Romera *et al.*, 1988).

2.3 FACTORES BIÓTICOS

2.3.1 ESPECIE DE PLANTA HOSPEDERA

Diversos trabajos han demostrado que la especie en cultivo influye sobre la composición de hongos MA, ya que éstos se asocian selectivamente, proliferando unas especies y disminuyendo otras. Hayman (1982, 1987) observó que las poblaciones y distribución de hongos MA en suelos agrícolas son afectadas por la susceptibilidad de la planta como también por la fertilidad, humedad, altitud, etc. Las malezas son un importante componente de cualquier agrosistema y pueden tener influencia sobre las poblaciones de hongos MA, ya que se ha visto un incremento en el número de esporas de algunas especies de *Glomus* en suelos cultivados con frijol o casava en donde *Euphorbia*

hiarta L. o *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., fueron las especies arvenses dominantes (Pellet y Sieverding, 1986).

Aún cuando la mayor parte de los hongos micorrizógenos han sido descritos de terrenos agrícolas asociados a plantas cultivadas (Hayman, 1970), son escasos los trabajos desarrollados para determinar la dinámica que estos hongos siguen en los suelos.

En suelos cultivados con fresa, maíz, trigo y tomate las poblaciones de esporas de hongos micorrizógenos fluctuaron a través de las estaciones, el incremento en el número de esporas se presentó entre verano y otoño, siendo dos veces más altas en octubre que en junio-agosto. Por otra parte, en terrenos cultivados con trigo el incremento se observó en verano (julio), decreciendo durante septiembre y noviembre. Estas variaciones mostraron tener relación con el desarrollo fisiológico de la planta hospedera (máximo crecimiento de las raíces) y con las condiciones climáticas (Hayman, 1970; Sutton y Barron, 1972).

En médanos la máxima abundancia de esporas de hongos MA se presentó en octubre, sin embargo, algunas especies tuvieron su máxima esporulación entre agosto y octubre, durante el periodo de floración de sus plantas hospedantes, otras entre mayo y agosto, y un tercer grupo entre agosto y octubre o febrero y mayo al comienzo del periodo de latencia. La esporulación de las especies de hongos MA se atribuyó tanto a la competencia interespecífica como a la influencia de la época del año (Gemma *et. al.*, 1989).

En suelos cultivados con maíz, las poblaciones de esporas de hongos MA encontradas, alcanzaron su máximo valor al final de la época de lluvias. El alto número de esporas se atribuyó a las prácticas de cultivo (arado con tracción animal) y al periodo de mayor humedad, aunado a las malezas presentes en los terrenos, las cuales tuvieron alta densidad de colonización (Gavito y Varela 1993).

Sieverding (1987) determinó que la diversidad de especies y el número de esporas varía de un lugar a otro, tanto en suelos cultivados como no cultivados (Hayman y Stovold, 1979).

López-Sánchez y Honrubia (1992) notaron que el incremento y decremento del número de esporas de hongos micorrizógenos está relacionado con la fenología de la planta hospedera. Asimismo, observaron que la máxima densidad de esporas se presentó durante

la etapa de fruto (verano), presentando bajas cantidades en invierno, mientras que en primavera tendió a incrementarse, permaneciendo alta durante el otoño.

Gavito y Varela (1990) sugirieron que los contenidos más elevados de esporas, en terrenos de maíz muestreados en el estado de Morelos, podrían depender de la alternancia que se hace de este cultivo con plantas más dependientes de la micorriza en comparación con terrenos en donde no se hace rotación o ésta se lleva a cabo con plantas poco dependientes de la micorriza.

Chamizo-Checa (1993) determinó que el mayor número de esporas en un policultivo de maíz-frijol-calabaza, se presentó en terrenos con bajo contenido de fósforo, siendo el maíz la planta que presentó mayor porcentaje de micorrización. Ella sugirió que este comportamiento se debía al pH y textura del suelo, a la rotación de cultivo y a las prácticas agrícolas realizadas por los campesinos (adición de materia orgánica).

Nava-Gutiérrez (1994) observó que los porcentajes de micorrización son mayores en cultivos de maíz en tepetate café recién roturado, mientras que en tepetate gris la cantidad de esporas se incrementa conforme pasa el tiempo de manejo agrícola.

En nuestro país se han enfocado a evaluar las investigaciones el efecto de diferentes cepas de hongos MA sobre el desarrollo de plantas de interés económico (maíz) tanto en invernadero y campo (Ferrera-Cerrato y Macedo, 1981; Palacios *et al.*, 1986, 1987). A pesar de la importancia que tiene en nuestro país el cultivo de maíz, los estudios relacionados con los hongos MA asociados a sus raíces o el efecto que éstos tienen sobre su desarrollo han sido poco abordados, y por ende se desconoce la importancia que la asociación micorrízica juega en los terrenos agrícolas sembrados tradicionalmente con esta planta.

En la fractura central del volcán La Malintzi, las principales actividades económicas de la población están basadas en la agricultura de temporal. Los cultivos más importantes son los de maíz, frijol, haba, alverjón y papa (Anónimo, 1987). En San Juan Ixtenco, el maíz se siembra en un sistema de rotación de cultivo, en el cual esta planta se siembra durante dos o tres años consecutivos y durante el año siguiente el suelo se deja descansar sembrando una leguminosa (haba, frijol y/o alverjón). Hasta ahora poco se sabe sobre la influencia de la rotación de cultivo en las poblaciones de hongos MA y la importancia que éstos podrían tener sobre este modo de manejo de los terrenos agrícolas.

Gavito y Varela (1993) demostraron que estos suelos presentan una gran riqueza de especies de hongos MA, al encontrar asociadas a este cultivo 14 especies, siendo *Acaulospora* el género mejor representado. Se observó que las estructuras fúngicas (micelio, arbusculos y vesículas) alcanzaron su máximo nivel durante la etapa de floración del maíz, momento en el cual la planta tiene una alta demanda de carbohidratos, en tanto que, las poblaciones de esporas de hongos MA encontradas en los suelos presentaron los máximos valores al final de la época de lluvias. El alto número de esporas de estos hongos se atribuyó a las prácticas de cultivo (arado con tracción animal) y a la época de mayor humedad, aunado a las malezas presentes en los terrenos, las cuales tuvieron alta densidad de colonización.

Es sabido que las leguminosas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* y que de esta forma, los desechos que quedan después de la cosecha contienen altos contenidos de nitrógeno. También se sabe que las leguminosas son plantas más dependientes de la asociación micorrizica que las gramíneas, por lo que la rotación de cultivos del maíz con estas plantas, además de enriquecer el suelo con compuestos nitrogenados podría ser útil para recuperar las poblaciones de hongos micorrizógenos del suelo, los cuales podrían disminuir sus poblaciones cuando se siembra la gramínea, que es menos dependiente de la asociación micorrizica arbuscular. De esta forma, el papel que pueden jugar las leguminosas en el mantenimiento de la fertilidad del sistema podría tener una doble vertiente: la ya conocida relacionada con el aumento de compuestos nitrogenados, y una todavía no explorada que tiene que ver con la recuperación de las poblaciones de hongos MA que puedan colonizar posteriormente al maíz.

De esta forma, el estudio de los hongos micorrizógenos y de su variación estacional en el suelo permitirá evaluar su potencial de aplicación en los sistemas agrícolas mexicanos, atacando dos de los grandes problemas a los que se enfrenta nuestro país: por un lado, el abatimiento de los costos de producción a través de la sustitución de fertilizantes químicos y el aumento de la productividad de los cultivos primarios; y por otro, la disminución de la contaminación y la preservación del ambiente.

Dada la importancia que la micorriza arbuscular puede jugar en los sistemas agrícolas tradicionales de la región de la Malintzi, el objetivo del presente trabajo fue analizar la influencia de las leguminosas utilizadas en la rotación del cultivo sobre la variación estacional y abundancia de los hongos involucrados en esta asociación.

3. OBJETIVO GENERAL

Analizar la variación estacional de las poblaciones de los hongos MA asociados a cultivos de haba, alverjón y frijol de la zona de San Juan Ixtenco.

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar las especies de hongos MA asociados a los cultivos de haba, alverjón y frijol.

Cuantificar las poblaciones de hongos MA asociados a los cultivos de haba, alverjón y frijol.

Relacionar las características físicas y químicas del suelo y la fenología de la planta con la riqueza, abundancia y distribución de las especies de hongos MA, y comparar dichos parámetros entre los tres cultivos.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Este trabajo se realizó en la zona agrícola del municipio de San Juan Ixtenco que se localiza en la ladera Este del volcán La Malintzi, Tlaxcala, la cual se encuentra entre los 2500 y 3000 msnm, y está comprendida entre los 19° 19' de latitud Norte y los 98° de longitud Oeste (CETENAL, 1975 a). El municipio colinda al Norte y Este con Huamantla, hacia el Sur con Trinidad Sánchez Santos y al Oeste con el estado de Puebla (Figura 1).

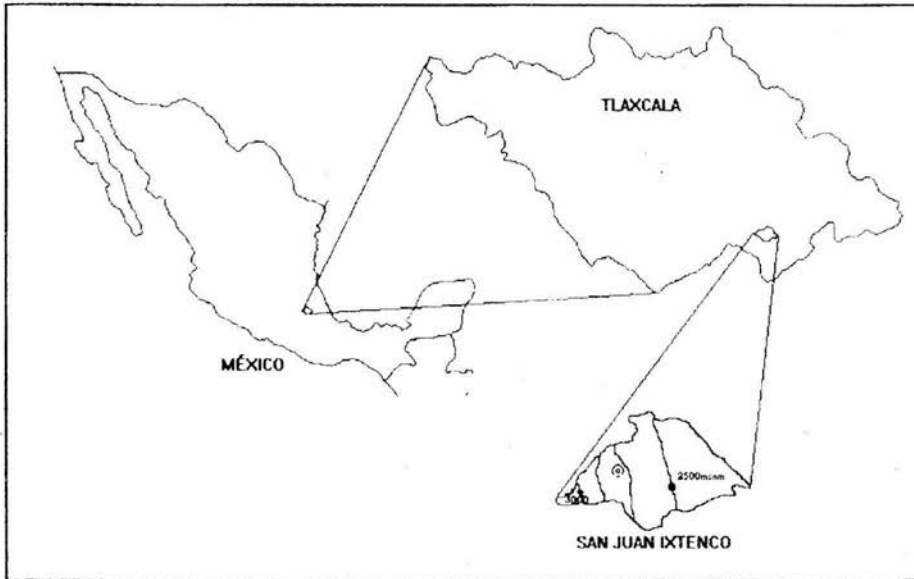


Figura 1. Mapa del área de estudio, mostrando el municipio de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

4.1 GEOLOGÍA

En las faldas del volcán La Malintzi, entre los 2000 a los 3000 msnm de altitud, se presentan rocas ígneas extrusivas (andesita) que corresponden a toba intermedia del Terciario Superior. Las partes planas están formadas por rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias originadas durante el período cuaternario (CETENAL, 1975 c).

4.2 FISIOGRAFÍA

El municipio presenta una zona accidentada que abarca alrededor del 30% de la superficie, constituida principalmente por las faldas del volcán, las partes inferiores son poco pronunciadas y sus laderas centrales desde los 3300 hasta los 4461 msnm son muy escarpadas. La región se caracteriza por presentar una gran barranca (Cañada Grande) que baja hacia el poblado de San Juan Ixtenco al oriente y por el cerro Xalapazco que es un cono adventicio achaparrado al pie del volcán. La zona plana orientada al noreste del municipio ocupa aproximadamente el 70% de su superficie; una parte está ocupada por la zona urbana y la otra está destinada para labores agrícolas (CETENAL, 1975 c).

4.3 SUELO

Es de origen residual y volcánico abundando los regosoles éutricos, calcáricos y dístricos de textura arenosa (Re+Rc+Rd+1) con desarrollo moderado y limitados por una fase lítica y pedregosa. El tipo de suelo de la zona agrícola es fluvisol-arenoso-gravoso, que contiene sedimentos coluviales y fluviales recientes en algunos sitios, de arena gravosa y grava arenosa que es localmente rica en materia orgánica y nutrimentos (CETENAL, 1975 b y c).

4.4 CLIMA

Su clima pertenece al grupo de los templados subhúmedos con lluvias en verano ($C(w_0/w''l(w)be(g))$), con una temperatura media máxima de 17.5° C (mayo) y una media mínima de 11.3° C (enero) (CETENAL, 1975 a).

4.5 HIDROLOGÍA

Este recurso se constituye de arroyos de caudal producto de la época de lluvias y de un manantial que se encuentra en la porción media del volcán, el cual suministra de agua potable al pueblo de San Juan Ixtenco (CETENAL, 1975 a).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Las siglas utilizadas para diferenciar a cada una de las especies de hongos MA encontradas en los terrenos estudiados, está basada en el código nomenclatural propuesto por Pérez y Schenck (1990).

5.1 SELECCIÓN DE LOS TERRENOS

Se encuestó a los propietarios de los terrenos de la zona agrícola de Ixtenco, con el objeto de recabar información relativa a la historia, manejo y uso de éstos. Se consideraron diversos aspectos como: tipo de cultivo (variedades de las semillas y forma de obtención); práctica de rotación de cultivo (periodicidad, entre qué plantas se lleva a cabo); utilización de fertilizantes (de que tipo y con que frecuencia); plagas y enfermedades más comunes en el cultivo; métodos de labranza (mecánico o de tracción animal); deshierbe del terreno (cuándo se realiza); productividad (anual). Se seleccionaron seis terrenos en los que, en la siguiente época de siembra (1992), se realizara la rotación de cultivo con alguna leguminosa.

En los seis terrenos escogidos se emplea una técnica de manera tradicional, que utiliza pocos insumos y realiza la práctica de rotación de cultivo alternando el cultivo de una gramínea (maíz) con una leguminosa (haba, alverjón y/o frijol). Se escogieron dos terrenos cultivados con haba (*Vicia faba* L.), dos con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y dos con alverjón (*Pisum sativum* L.).

5.2 RECOLECCIÓN DE SUELOS Y RAÍCES

Se llevó a cabo siguiendo las etapas fenológicas de las plantas: antes de la siembra; un mes después de la siembra (plántula); en la floración; fructificación; fruto maduro y cultivo maduro (cosecha) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de la recolección de raíces y suelo rizosférico de los terrenos.

Datos	Terreno					
	1-H	2-H	1-A	2-A	1-F	2-F
1	Antes de sembrar (Febrero - Marzo)					
2	Plantas 30-50 cm altura (Mayo)		Plantas 5-10 cm altura (Mayo)		Plantas 10-25 cm altura (Mayo-Junio)	
3	Floración (Junio)		Inicio de floración (Junio)		Floración (Junio)	Inicio de floración (Julio)
4	Fructificación (Julio)		Inicio de fructificación (Julio)		Cultivo maduro (Julio)	Fructifi- cación (Sept.)
5	Frutos maduros (Septiembre)		Plantas secas no cosechadas (Septiembre)		Plantas cosechadas (Septiembre)	Cultivo maduro (Octubre)
6	Cultivo maduro (Octubre)	Barbechado (Octubre)	Plantas muertas sin raíces (Octubre)	Plantas cosechadas (Octubre-Diciembre)		

De cada terreno se tomaron al azar 10 muestras de raíces de las leguminosas, así como aproximadamente 1 kg de suelo rizosférico circundante a las raíces de la planta y a una profundidad máxima de 20 cm, caminando en zig-zag de esquina a esquina del terreno. Las muestras obtenidas se mezclaron y homogenizaron, con el objeto de obtener así una muestra representativa de la biota nativa.

5.3 ALMACENAMIENTO DEL SUELO

El suelo recolectado fue guardado en bolsas de polietileno y almacenado en un cuarto de refrigeración a 4° C, con el objeto de preservar las estructuras fúngicas, en tanto se realizaba su extracción.

5.4 RECUPERACIÓN DE LAS ESPORAS

De cada terreno se llevaron a cabo tres cuantificaciones de esporas, durante cada período de recolección.

Para la recuperación de las esporas se siguió la técnica de tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963): 50 g de suelo fresco se mezclaron con 600 ml de agua; se agitó vigorosamente la suspensión por unos minutos, dejando sedimentar las partículas más pesadas durante un intervalo de 15 a 20 seg; el sobrenadante se vertió sobre un juego de tamices con malla de diferente tamaño de abertura (0.5 mm; 0.177 mm; 0.105 mm; 0.074 mm) ensamblados de mayor a menor tamaño, con el fin de separar las esporas por su tamaño. La misma suspensión se agitó de 8 a 10 veces tomando en cuenta la textura del suelo. Todo el material retenido se centrifugó en gradientes de sacarosa (20 y 60%) (Daniels y Skipper, 1982), a 2000 rpm durante dos minutos, el sobrenadante fue vaciado a un tamiz de 0.04 mm para ser lavado con agua de la llave y luego se transfirió a una caja petri. Mediante la observación con un microscopio estereoscópico se separaron y agruparon las esporas con base en su tamaño, forma, ornamentación de las paredes externa e interna, hifa de sostén, color, etc.

5.5 ELABORACIÓN DE PREPARACIONES PERMANENTES

La elaboración de preparaciones se realizó de acuerdo con la técnica de Schenck y Pérez (1990), que consiste en colocar las esporas sobre un portaobjetos con la ayuda de una micropipeta. El exceso de agua se elimina utilizando papel absorbente y se agregan dos gotas de alcohol polivinílico (PVL) como medio de montaje, una de ellas mezclada con reactivo de Melzer. El reactivo de Melzer es utilizado con el propósito de detectar si las paredes tanto externas como internas de las esporas, presentan una reacción amiloide

(púrpura) o dextrinoide (rojo), lo cual permite la separación de las especies (Morton, 1987). Se deja secar la preparación durante algunas horas y posteriormente se hace presión sobre el cubreobjetos para romper las esporas, lo cual permite la observación de los diferentes estratos de la pared, característica que es importante para determinar las especies. Todo el material así montado forma parte de la micoteca del herbario TLXM del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

5.6 CUANTIFICACIÓN DE ESPORAS

La cuantificación de las esporas de cada especie se efectuó con la ayuda de un microscopio óptico. Las cantidades resultantes fueron recalculadas para 100 g de suelo seco tomando en cuenta el porcentaje de humedad que contenía el suelo. La determinación taxonómica se basó en un trabajo previo de la zona de estudio (Estrada-Torres *et al.*, 1992), apoyándose también en las descripciones de Schenck y Pérez (1990).

5.7 MACETAS DE PROPAGACIÓN

Con parte del suelo recolectado se prepararon macetas de propagación, utilizando dos kilogramos de una mezcla 1:1 de arena estéril y suelo fresco. La mitad de las macetas se sembraron con alfalfa y la otra mitad con maíz; y todas ellas se mantuvieron en invernadero durante un período de cuatro a seis meses.

6. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Se evaluaron las siguientes propiedades físicas y químicas de los suelos:

6.1 TEXTURA

A 50 g de suelo se le agregaron 15 ml de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%, el suelo fue secado a $80^\circ C$ por 24 h. Esta muestra se pesó y se colocó en un vaso de precipitado, agregandosele 200 ml de agua desionizada más 10 ml de hexametáfosfato de sodio y se dejó reposar durante 15 min. Las partículas de la suspensión fueron dispersadas con una batidora por 10 minutos y vaciadas íntegramente a una probeta de 1000 ml, la suspensión se aforo con un hidrómetro dentro de la probeta hasta 1130 ml. Se retiró el hidrómetro de la probeta y se mezcló la muestra, posteriormente se hizo la primera lectura a los 40 seg. Después de lo anterior se introdujo nuevamente el hidrómetro y se midió la temperatura. Finalmente la muestra se dejó reposar por dos horas y después se realizó la segunda lectura (Bouyoucos, 1951).

6.2 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

En un matraz Erlenmeyer se introdujo 1 g de suelo secado al aire y tamizado. Se le añadieron 10 ml de dicromato de potasio 1N, se mezcló, enseguida se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y nuevamente se mezcló girando suavemente durante un minuto. La mezcla se dejó reposar durante 30 min. Simultáneamente se realizó un ensayo de valoración en blanco (sin suelo). Por otro lado, se llevó a cabo una valoración por retroceso la cual consistió en aforar la mezcla a 200 ml con agua destilada, añadiendo posteriormente 10 ml de ácido fosfórico al 85% y 30 gotas de indicador difenilamina; la solución se valoró con una solución de sulfato férrico 1N. Conforme se agregaron las gotas de la solución anterior, se observó un viraje de color de verde oscuro a verde brillante siendo éste el punto final de la titulación. Si se emplean menos de 2 ml de sulfato férrico debe repetirse el ensayo con menor cantidad de suelo (Houba *et al.*, 1989).

6.3 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Se colocaron 15 cm de suelo en un tubo de percolación y se compacto golpeando ligeramente el vaso sobre la mesa de trabajo, se adicionó agua hasta cubrir 5 cm de suelo de la columna. Se cubrió el tubo y permaneció así durante tres días. Se desecharon 1.25 cm de la superficie del suelo, se tomó una muestra de suelo húmedo y se colocó en un bote tarado para determinarse humedad. El bote con la muestra se pesó, para obtener el peso húmedo de la misma, y posteriormente se colocó en una estufa a 110° C. Después de 24 hr se pesó el bote nuevamente para determinar el peso seco de la muestra y poder calcular la capacidad de retención de agua (Palmer y Troeh, 1979).

6.4 pH

Se tomaron 20 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitado. Se agregaron 50 ml de agua destilada y se agitó durante dos horas, al cabo de las cuales se dejaron asentar las partículas del suelo. Posteriormente se hizo la lectura de pH (Houba *et al.*, 1989).

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinó el posible efecto que tiene la utilización del haba, alverjón y frijol en la rotación de cultivos en suelos sembrados previamente con maíz sobre la abundancia de las especies de hongos MA mediante el análisis de residuales ajustados (Everitt, 1977).

8. RESULTADOS

8.1 MANEJO AGRÍCOLA DE LOS TERRENOS

Con base en las encuestas realizadas a los dueños de los terrenos seleccionados para el estudio, se recopiló la siguiente información en cuanto a su manejo agrícola (Cuadro 3).

Cuadro 3. Datos de manejo agrícola de los terrenos estudiados.

Terreno	Cultivo anterior	Rotación	Arado	Fertilización 100-200 kg/ha ⁻¹	Deshierbe	Enfermedades o problemas
1-H	Maíz	Haba	Tractor	Sulfato/Urea	No	Heladas
2-H	Maíz	Haba	Yunta	Sulfato/Urea	No	Heladas
1-A	Maíz	Alverjón	Tractor	Sulfato/Urea	No	Heladas, Chahuiztle
2-A	Maíz	Alverjón	Tractor	Sulfato/Urea	No	Heladas
1-F	Maíz	Frijol	Yunta	Sulfato/Urea	No	Heladas, Conchuela
2-F	Maíz	Frijol	Yunta	Sulfato/Urea	No	Heladas

8.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Los resultados de los análisis de los suelos estudiados se muestran en el cuadro 4. El fósforo disponible se ha calculado de 10 a 30 mg kg⁻¹ considerándolo de mediano a alto (Gavito y Varela, 1993).

Cuadro 4. Características físicas y químicas de los suelos muestreados.

Terreno	Capacidad de retención de H ₂ O/100 g suelo	pH	Textura	Contenido de materia orgánica (%)
1-H	29.3 -39.8	Ácido a moderadamente ácido 4.9-5.3	Arena migajosa arena-79.80% arcilla-5.47% limo-14.72%	Mediano 1.18-1.56
2-H	31.2-40.8	Ácido a moderadamente ácido 4.9-5.1	Arena migajosa arena-80.52% arcilla-7.47% limo-12%	Mediano 1.44-1.76
1-A	31.9- 55.4	Excesivamente ácido a moderadamente ácido 4.4-5.7	Migajón arenoso arena-71.80% arcilla-9.47% limo-18.72%	Rico 2.17-2.85
2-A	29.6-39	Fuertemente ácido 4.7-4.9	Arena migajosa arena-60.52% arcilla-7.47% limo-12%	Mediano 1.36-1.93
1-F	26.5-29.6	Ácido 4.7-5	Arena migajosa arena-81.08% arcilla-6.19% limo-12.72%	Mediano 1.29-1.43
2-F	28.9-31.3	Ácido 4.7-4.9	Migajón arenoso arena-77.80% arcilla-8.19% limo-14%	Mediano 1.29-1.56

8.3 RIQUEZA DE ESPECIES DE HONGOS MA

Durante la época de siembra de 1992, se encontraron 22 especies de hongos MA, asociadas con las raíces de las leguminosas, haba (*Vicia faba* L.) terrenos 1-H y 2-H, alverjón (*Pisum sativum* L.) terrenos 1-A y 2-A y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) terrenos 1-F y 2-F, las cuales fueron utilizadas en la rotación de cultivo (Cuadro 5).

El género *Acaulospora* predominó, tanto en número de especies como en abundancia de esporas, seguida de los géneros *Scutellospora*, *Glomus* y *Gigaspora*. El género *Sclerocystis* estuvo poco representado durante el estudio, encontrando sólo escasos esporocarpos en el terreno 2-H y en el terreno 1-F.

El mayor número de especies (22) se encontró en el terreno 1-F, en tanto que el menor número (15) correspondió al terreno 1-H. En los terrenos 1-A y 2-A no hubo mucha diferencia en cuanto al número de especies, ya que en uno se encontraron 18 especies y en el otro 19.

Cuadro 5. Lista de las especies de hongos micorrizógenos encontrada en los terrenos cultivados con haba, alverjón y frijol.

Especies	Código nomenclatural +	Terreno					
		V. faba L.		P. sativum L.		Ph. vulgaris L.	
		1-H	2-H	1-A	2-A	1-F	2-F
<i>Acaulospora appendiculata</i>	AAPD	*	*	-	*	*	*
<i>A. bireticulata</i>	ABRT	-	*	*	*	*	*
<i>A. delicata</i>	ADLC	*	*	*	*	*	*
<i>A. denticulata</i>	ADTC	-	-	*	*	*	-
<i>A. lacunosa</i>	ALCN	-	*	-	-	*	-
<i>A. laevis</i>	ALVS	*	*	*	*	*	*
<i>A. mellea</i>	AMLL	*	*	*	*	*	*
<i>Acaulospora</i> sp.		*	*	*	*	*	*
<i>A. rehmlii</i>	ARHM	-	-	-	-	*	-
<i>A. spinosa</i>	ASPN	-	*	*	*	*	*
<i>A. splendida</i>	ASPD	*	*	*	*	*	*
<i>Acaulospora</i> spp.		*	*	*	*	*	*
<i>Gigaspora gigantea</i>	GGGT	*	*	*	*	*	*
<i>G. margarita</i>	GMRG	*	*	*	*	*	*
<i>Glomus etunicatum</i>	LETC	*	*	*	*	*	*
<i>Gl. mosseae</i>	LMSS	*	*	*	*	*	*
<i>Glomus</i> spp.		*	*	*	*	*	*
<i>Sclerocystis</i> spp.		-	*	-	-	*	-
<i>Scutellospora aff dipapillosa</i>	CDPL	-	*	*	-	-	-
<i>Sc. dipurpurascens</i>	CDPP	*	*	*	*	*	*
<i>Sc. gilmorei</i>	CGLM	-	*	*	*	*	*
<i>Sc. pellucida</i>	CPLC	*	*	*	*	*	*
<i>Scutellospora</i> spp.		*	*	*	*	*	*
Total		15	21	18	19	22	18

+ De acuerdo con Pérez y Schenck (1990)

* Presencia - Ausencia 0 Fig. 12

8.4 ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA

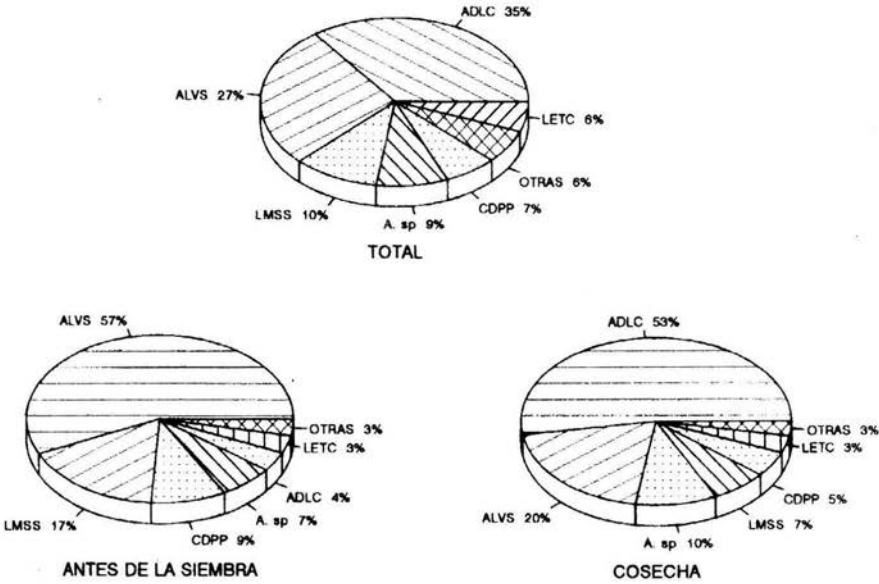
8.4.1 TERRENOS CULTIVADOS CON HABA (*Vicia faba* L.)(1-H y 2-H)

Siete especies de hongos MA fueron las más abundantes en los dos terrenos, en ambos *ADLC* fue el elemento dominante (Gráficas 1 y 2), aunque, *ALVS* también fue una especie dominante en el terreno 1-H; el número de esporas de *LMSS* fue muy semejante en ambos terrenos, en tanto que en el terreno 2-H, *LETC*, *LMSS* y *CDPP* fueron poco abundantes con respecto a *ADLC*. Cabe resaltar *Acaulospora* sp. y *AMLL* se encontraron en bajas cantidades, la primera sólo en el terreno 1-H y la segunda en el 2-H.

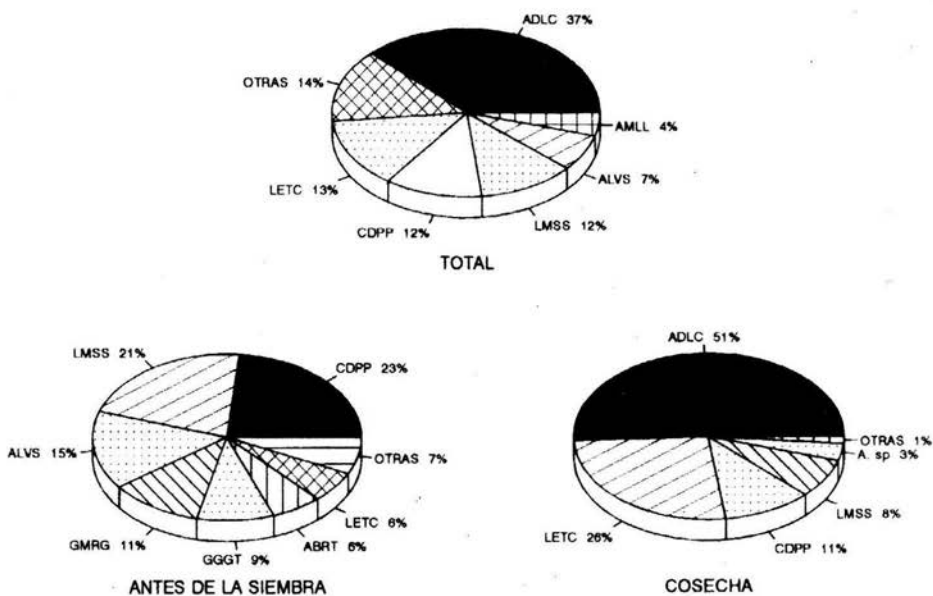
Es importante señalar que en ambos terrenos las poblaciones iniciales de esporas de *ADLC* fueron bajas (Gráfica 15), sin embargo, en las últimas etapas del cultivo se incrementaron para convertirse en la especie dominante. En el terreno 1-H, *ALVS* fue la especie dominante en el inicio, pero hacia el final del ciclo se pudo observar que se presentó un cambio de su dominancia por *ADLC*. Al final del ciclo, esta especie se mantuvo como la especie dominante seguida de *ALVS*. En cuanto al resto de las especies se pudo observar que no hubo una tendencia de cambio encuancto a la dominancia ya que no se presentaron aumentos considerables en sus poblaciones de esporas (Gráfica 1).

En el terreno 2-H (Gráfica 2) *CDPP* y *LMSS* fueron las especies dominantes al principio del muestreo, pero al final del ciclo (cosecha) éstas fueron desplazadas por *LETC* y *ADLC*, ésta última figurando como la más abundante, por lo que existió un cambio en la dominancia de las especies. *GMRG* y *GGGT* estuvieron entre las especies más abundantes al inicio del ciclo pero al final del mismo no figuraron entre ellas.

Gráfica 1. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 1-H, cultivado con haba (*Vicia faba* L.)



Gráfica 2. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 2-H, cultivado con haba (*Vicia faba* L.)



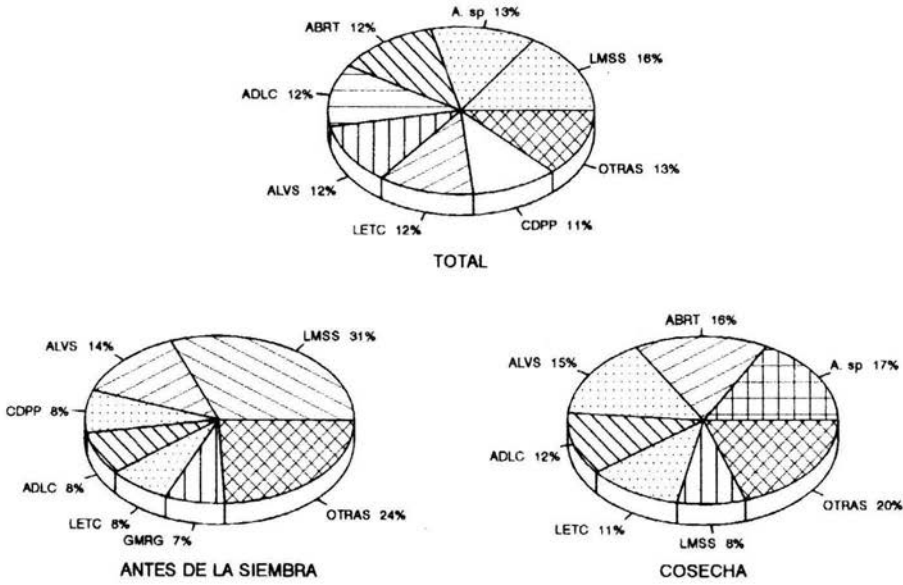
8.4.2 TERRENOS CULTIVADOS CON ALVERJÓN (*Pisum sativum* L.) (1-A y 2-A)

Ocho especies de hongos MA fueron las más abundantes en los terrenos 1-A y 2-A. *ADLC*, *CDPP*, *ABRT*, *LETC*, *LMSS*, *AMLL* y *Acaulospora* sp. en el terreno 1-A y las siete primeras más *ALVS* en el 2-A. En ambos terrenos hubo una codominancia entre dichas especies, como se puede ver en las gráficas 3 y 4, sin embargo, en el terreno 2-A la especie con menor porcentaje fue *Acaulospora* sp.

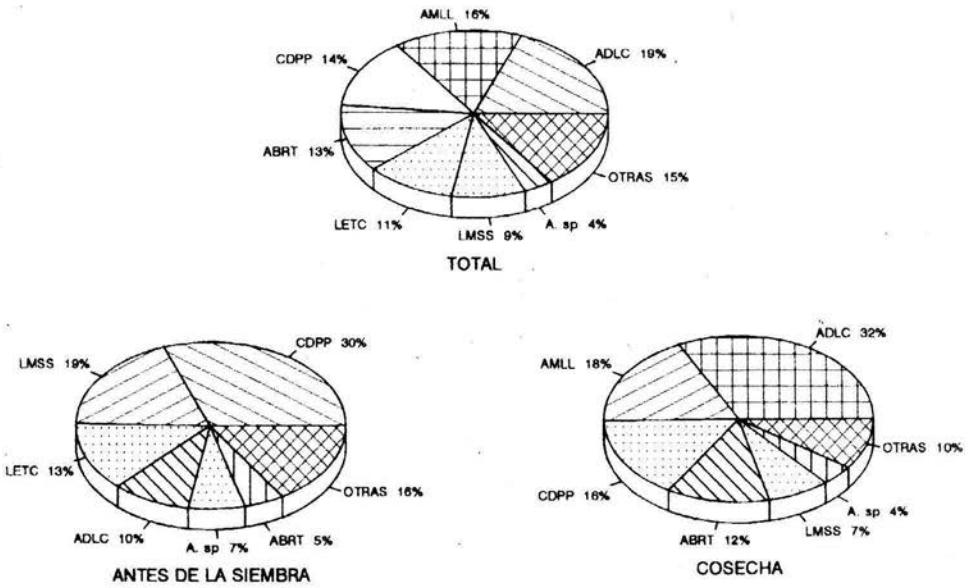
En el terreno 1-A, la población de esporas de *LMSS* fue la dominante antes de la siembra, a pesar de ello, en el último muestreo (cosecha) su población disminuyó con respecto de las demás especies. *ALVS*, *ADLC* y *LETC* fueron especies cuyas poblaciones permanecieron más o menos constantes a través de todo el ciclo de cultivo. *CDPP* y *GMRG* relativamente abundantes al principio del ciclo fueron desplazadas por *ABRT* y *Acaulospora* sp., mismas que figuraron entre las más abundantes al final de la cosecha (Gráfica 3).

En el terreno 2-A, *CDPP* fue la especie dominante al inicio del ciclo observándose que al final su población declinó, mientras que *ADLC* presentó una población baja al principio, pero que se incrementó en la última fase del cultivo, siendo en esta etapa la especie más abundante. *LETC* al inicio del ciclo tuvo un número bajo de esporas, pero al final de éste se detectó, mientras que *AMLL* se encontró figurando entre las siete más abundantes al final del ciclo (Gráfica 4).

Gráfica 3. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 1-A, cultivado con alverjón (*Pisum sativum* L.)



Gráfica 4. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 2-A, cultivado con alverjón (*Pisum sativum* L.)



8.4.3. TERRENOS CULTIVADOS CON FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) (1-F y 2-F)

Ocho especies fueron las más abundantes en los terrenos 1-F y 2-F; de éstas, tres fueron las dominantes, *CDPP* y *LETC* para el terreno 1-F (Gráfica 5), y *ADLC* para el terreno 2-F (Gráfica 6).

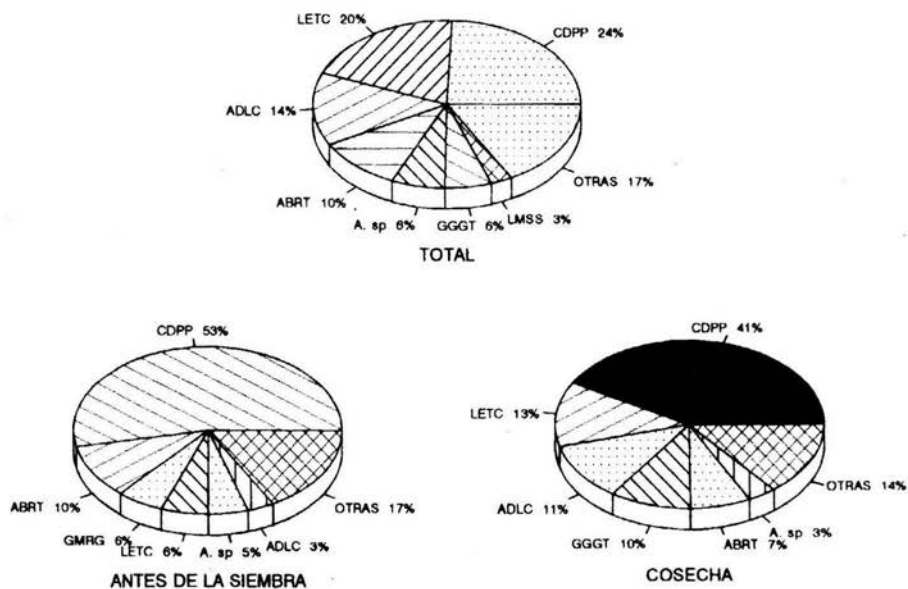
En los terrenos 1-F y 2-F, *CDPP* fue la especie dominante tanto antes de la siembra como en la cosecha. Esta especie presentó una tendencia a decrecer a la mitad del ciclo y a incrementar su población al final (Gráfica 11), razón por lo que se pudo manifestar al final como la especie más abundante. En el primer terreno, una especie que figuró al inicio entre las más abundantes fue *GMRG*, sin embargo, al final del ciclo fue sustituida por *GGGT*. *LMSS* fue una especie que presentó un número escaso de esporas, aunque se manifestó entre las siete más abundantes considerando los conteos de todo el ciclo (Gráfica 13). Las poblaciones de esporas de las cinco especies restantes se mantuvieron constantes, algunas de ellas incrementaron su población al final como *LETC* y *ADLC*, y otras como *Acaulospora* sp. y *ABRT* no presentaron cambios importantes en el número de esporas (Gráfica 5).

En el terreno 2-F, *ABRT* y *ADLC* incrementaron su población de esporas al final del ciclo (cosecha), resultando ser la segunda y tercera especies más abundante respectivamente, otras especies como *LMSS* disminuyeron su población al final. *GMRG* fue una especie más o menos abundante al inicio, pero durante la cosecha no se detectó, sin embargo, *ALVS* se presentó en esta etapa con una baja frecuencia, figurando entre las especies más abundantes de la población total. En las últimas etapas del ciclo, *ADLC* incrementó su población de esporas siendo la especie más abundante cuando se consideró todo el ciclo, desplazando de la dominancia a *CDPP* que junto con *ABRT* fueron las especies más abundantes durante la cosecha con respecto del resto de las especies (Gráfica 15). Al final del ciclo se pudo observar que se presentó un cambio de las especies dominantes (Gráfica 6).

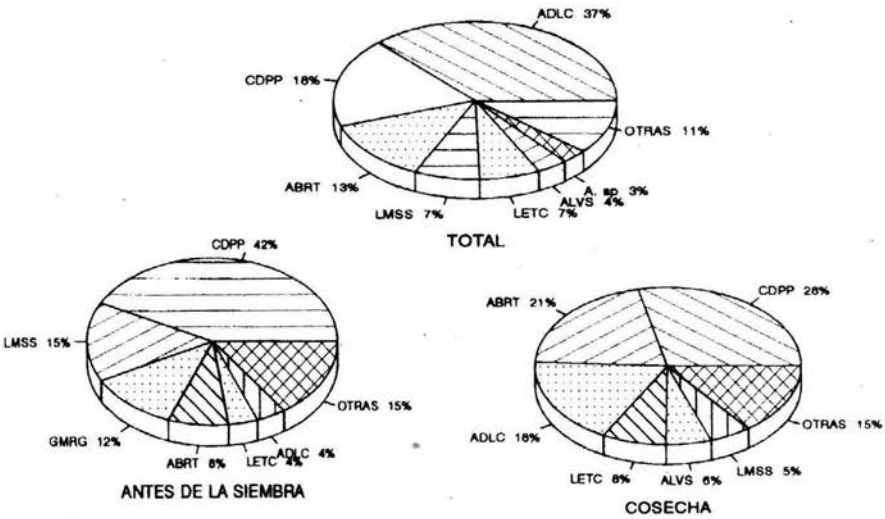
De manera general, *ADLC*, *ALVS*, *CDPP* y *LETC* tuvieron una cantidad relativamente alta de esporas en los terrenos muestreados. Las dos primeras fueron las especies dominantes en los terrenos 1-H y 2-H cultivados con haba y en el terreno 2-F sembrado con frijol. En el terreno 1-H, *ALVS* fue la dominante, sin embargo, en el terreno 2-H, lo fueron *LETC* y *CDPP*.

En los terrenos 1-F y 2-F cultivados con frijol las especies dominantes fueron *ADLC*, *LETC*, *CDPP* y *ABRT*.

Gráfica 5. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 1-F, cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



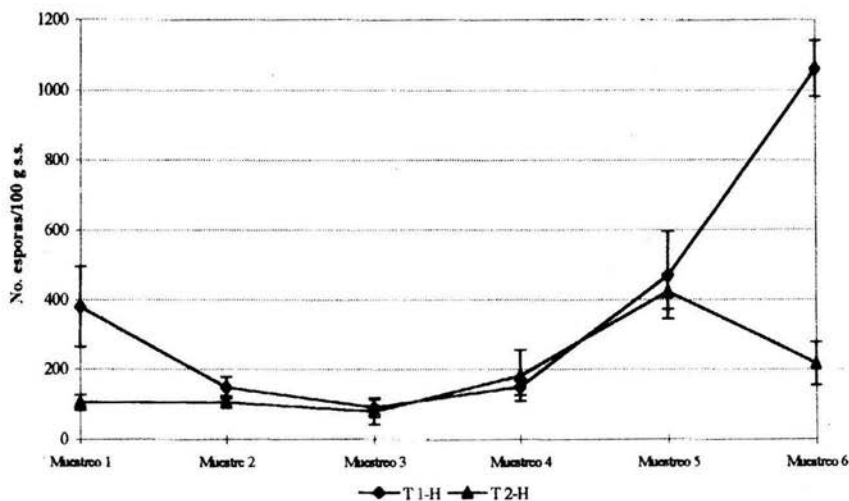
Gráfica 6. Abundancia relativa (%) de las especies de hongos MA en el terreno 2-F, cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



8.5 VARIACIÓN ESTACIONAL DE HONGOS MA

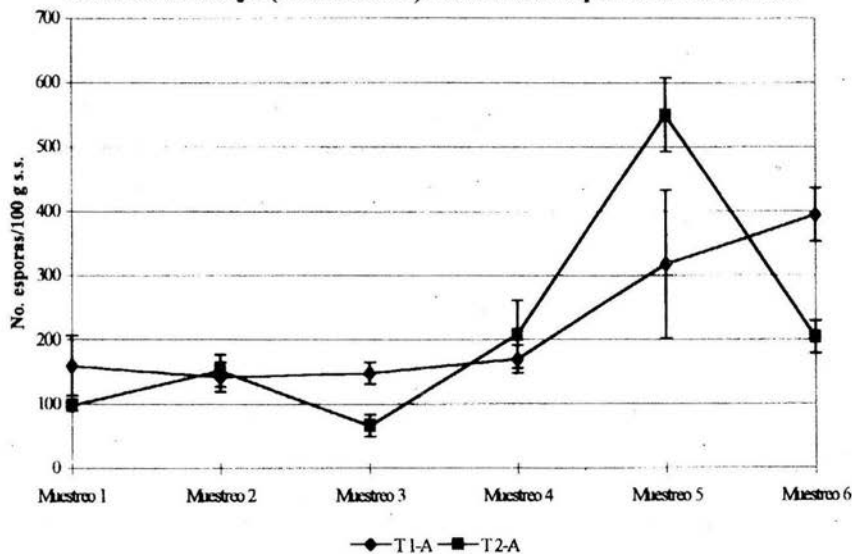
En los terrenos 1-H y 2-H cultivados con haba (*Vicia faba* L.), el número de esporas varió de un sitio a otro. Durante el primer muestreo, antes de la siembra, hubo diferencias entre los terrenos. En el primero se cuantificaron 383 esporas, mientras que en el terreno 2-H hubo 121. En el siguiente muestreo, un mes después de la siembra, la población del terreno 1-H decreció, en tanto, la del terreno 2-H se mantuvo más o menos igual que al inicio. Ambas poblaciones presentaron cantidades similares fluctuando en un intervalo de 82-108 esporas, en la fase de floración. En el cuarto muestreo, en la fructificación, el número de esporas se incrementó en ambos terrenos, el terreno 1-H alcanzó su máximo valor con 1071 esporas durante la etapa de cultivo maduro, no obstante, en el terreno 2-H, se incrementó el número de esporas durante la etapa de inicio de fructificación, alcanzando su nivel máximo en la etapa de fruto maduro, declinando el número de éstas en la fase de cultivo maduro. El comportamiento de las poblaciones en ambos terrenos fue muy parecido entre el segundo y quinto muestreos, el número de esporas se incrementó conforme el ciclo de vida de la planta se desarrolló pero al alcanzar la de fruto maduro el comportamiento de las poblaciones de hongos MA de ambos terrenos difirió, ya que en uno se incrementó, (terreno 1-H), y en el otro disminuyó (terreno 2-H) (Gráfica7).

Gráfica 7. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA en los terrenos 1-H y 2-H, cultivados con haba (*Vicia faba* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



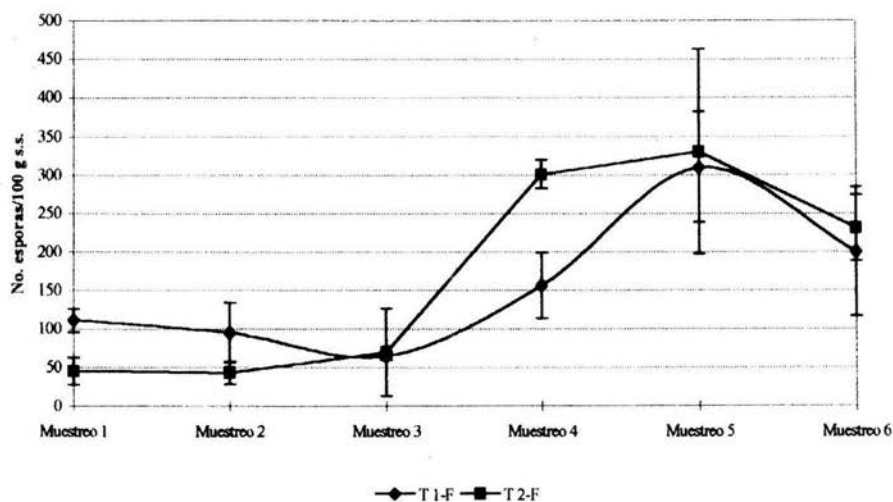
El número de esporas encontradas durante los seis muestreos realizados en los terrenos 1-A y 2-A varió de un terreno a otro. El número de esporas del terreno 1-A no cambió considerablemente desde el primero hasta el cuarto muestreo. A partir de la etapa fruto maduro, su población se incrementó casi al doble. En el terreno 2-A, el comportamiento de la población a través del ciclo de la planta cambió entre el primero y tercero muestreos, a partir de éste la población aumento y alcanzó un incremento considerable hasta la etapa de fruto maduro y luego, la población decreció a la mitad (200 esporas) (Gráfica 8).

Gráfica 8. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA en los terrenos 1-A y 2-A cultivados con alverjón (*Pisum sativum* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



Las poblaciones de esporas asociadas con el cultivo del frijol, presentaron un comportamiento diferente entre ambos terrenos (1-F y 2-F). Durante el primer muestreo, antes de la siembra, se cuantificaron 124 esporas en el terreno 1-F; la población de este terreno decreció durante las etapas de plántula y floración, incrementándose a partir de las etapas de inicio de fructificación y fruto maduro, no obstante, la población disminuyó durante la época de cultivo maduro, en tanto, que en el terreno 2-F sólo se contabilizaron inicialmente 52 esporas, la población se incrementó ligeramente hasta la floración, alcanzando su máximo valor en la etapa de fruto maduro, nuevamente disminuyendo durante la última etapa (Gráfica 9).

Gráfica 9. Densidad poblacional de las esporas de hongos MA en los terrenos 1-F y 2-F, cultivados con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



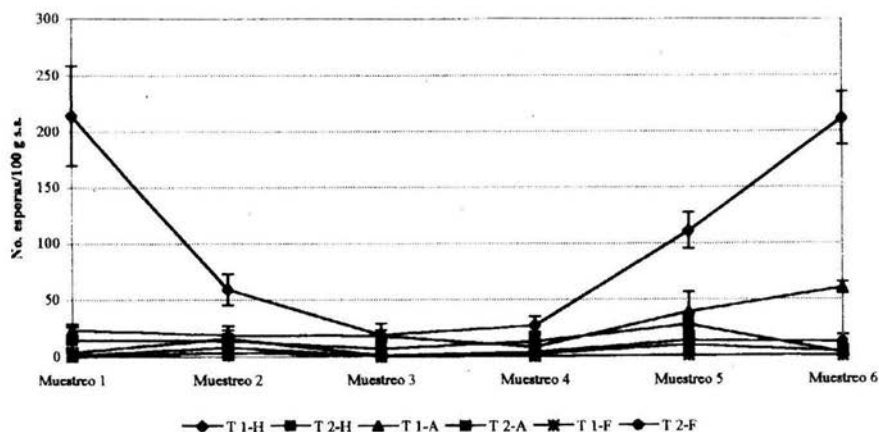
8.6 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR ESPECIE

Debido a las variaciones observadas en los valores del número de esporas de las especies más abundantes en cada terreno, se decidió analizar los datos de cada terreno por separado.

8.6.1 *Acaulospora laevis* Gerdemann & Trappe (*ALVS*) Fig. 2

Las especies de hongos micorrizógenos tuvieron diferentes comportamientos en los seis terrenos analizados. En el terreno 1-H el mayor número de esporas de *ALVS* se halló antes de la siembra, a diferencia de los otros terrenos, posteriormente decreció en la etapa de floración, momento en el cual el número de esporas aumentó paulatinamente hasta la etapa final del cultivo. El número inicial de esporas de esta especie no varió con respecto al encontrado en el último muestreo. En el terreno 1-A, el número de esporas fue bajo desde el primer muestreo hasta el inicio de la fructificación, incrementándose en los dos últimos muestreos. El comportamiento en los cuatro terrenos restantes fue muy homogéneo, manteniéndose el número de esporas bajo a lo largo del ciclo de vida de la planta (Gráfica 10).

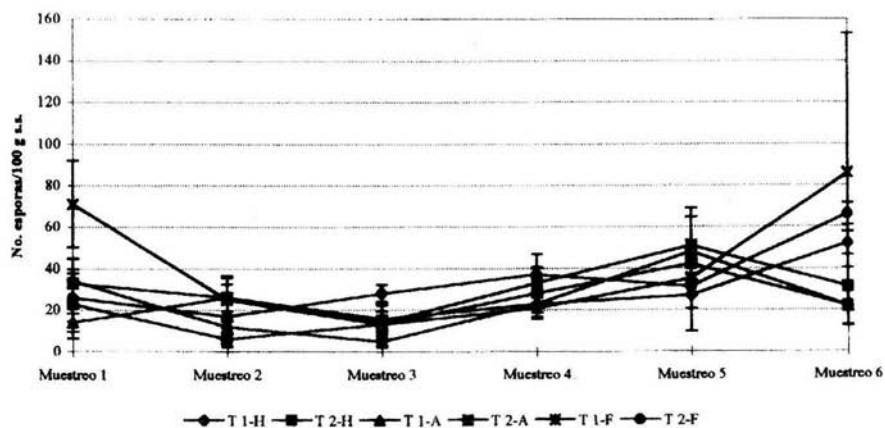
Gráfica 10. Variación estacional del número de esporas de *Acaulospora laevis* en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio de tres conteos.



8.6.2 *Scutellospora dipurpurascens* Morton & Koske (CDPP) Fig. 3

El número de esporas de CDPP en casi todos los terrenos fue bajo desde la primera recolección, salvo en el terreno 1-F que alcanzó valores de hasta 70 esporas. En los dos muestreos subsecuentes, el número de esporas en este último terreno declino a valores similares a los encontrados en los otros cinco terrenos, los cuales mantuvieron los mismos valores de número de esporas. A partir del cuarto muestreo, la abundancia de esporas se incrementó, alcanzando su máximo valor durante la etapa de fruto maduro en los terrenos 2-H, 1-A y 2-A, y disminuyó al final del ciclo de vida de la planta. En los terrenos 1-H, 1-F y 2-F la especie alcanzó su máximo valor en la etapa final del desarrollo de la planta (Gráfica 11).

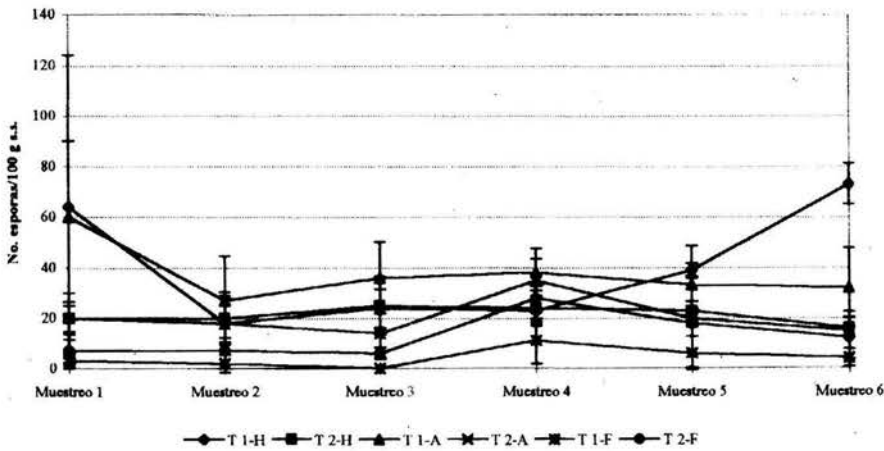
Gráfica 11. Variación estacional del número de esporas de *Scutellospora dipurpurascens* en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio de tres conteos.



8.6.3 *Glomus mosseae* Nicolson & Gerdemann (LMSS) Fig. 4

La cantidad de esporas de LMSS fue baja en todos los terrenos, sin embargo, en los terrenos 1-F y 2-F estuvieron aún más bajas desde antes de la siembra hasta la floración. Durante las fases subsiguientes, su abundancia se incrementó, decreciendo a partir de este momento hasta el final del ciclo de la planta. En los terrenos 2-H y 2-A la cantidad de esporas fue dos veces más grande, a pesar de ello la abundancia de esta especie fue uniforme a lo largo del ciclo. En el terreno 1-H el número inicial de esporas fue mayor y se comportó de manera similar a ALVS en este mismo terreno, en tanto en el terreno 1-A, se obtuvo un valor similar al de 1-H al inicio del muestreo, declinando en el segundo muestreo para volver a incrementarse en el tercero, después del cual los valores se mantuvieron constantes hasta el final (Gráfica 12).

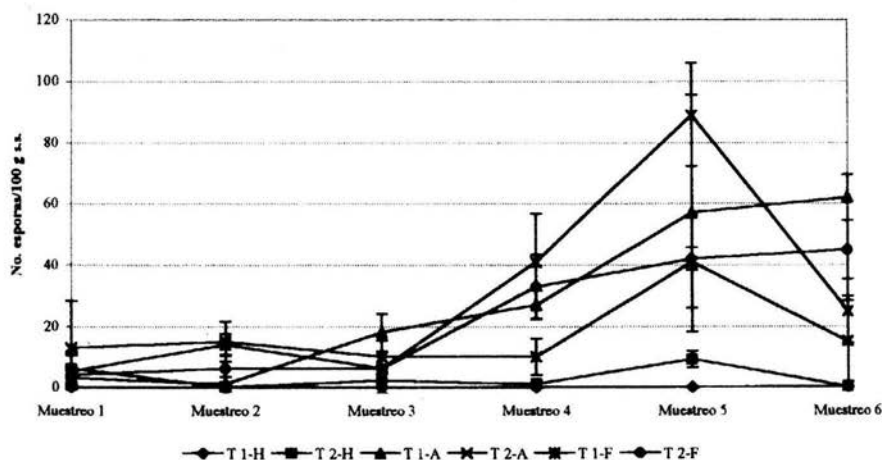
Gráfica 12. Variación estacional del número de esporas de *Glomus mosseae* en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio de tres conteos.



8.6.4 *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe (*ABRT*) Fig. 5

ABRT fue una especie poco representada en los terrenos analizados. No se encontró en el terreno 1-H y estuvo poco representada en el terreno 2-H. Con respecto a los otros terrenos, las cantidades de esporas encontradas fueron bajas desde antes de la siembra hasta la floración. En el terreno 1-A las cantidades de esporas aumentaron a partir de esta etapa hasta el final del ciclo, en tanto, que en los terrenos 2-H y 1-F, se llevó a cabo un incremento en la etapa de fruto maduro, declinando durante la época de cultivo maduro. Con relación a los terrenos 2-A y 2-F, el incremento se inició cuando la planta tenía tres meses de crecimiento. En el terreno 2-A la población de esporas declinó en la etapa de floración, en contraste con el terreno 2-F en el que aumentó durante esas mismas etapas (Gráfica 13).

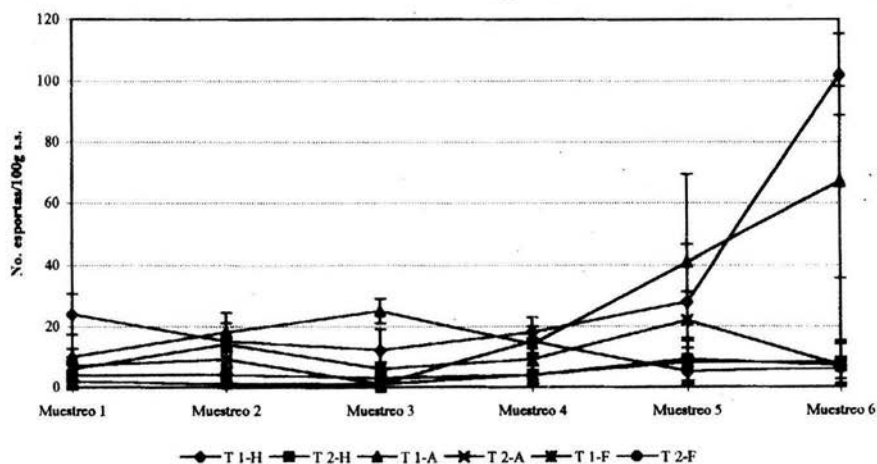
Gráfica 13. Variación estacional del número de esporas de *Acaulospora bireticulata* en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio de tres conteos.



8.6.5 *Acaulospora* sp. Fig. 6

Acaulospora sp. fue otra especie poco representada. En los terrenos 2-H, 2-A, 1-F y 2-F, la cantidad de esporas fue baja a través de todo el ciclo del cultivo. En los terrenos 1-H y 1-A se observó un incremento en sus poblaciones en los dos últimos muestreos, alcanzando su máximo incremento en la última etapa de desarrollo (Gráfica 14).

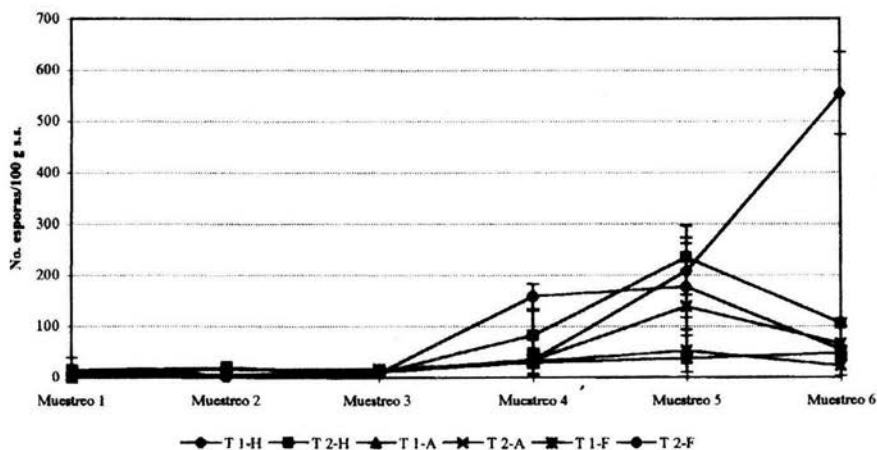
Gráfica 14. Variación estacional del número de esporas de *Acaulospora* sp. en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio de tres conteos.



8.6.6 *Acaulospora delicata* Walker, Pfeiffer & Bloss (ADLC) Fig. 7

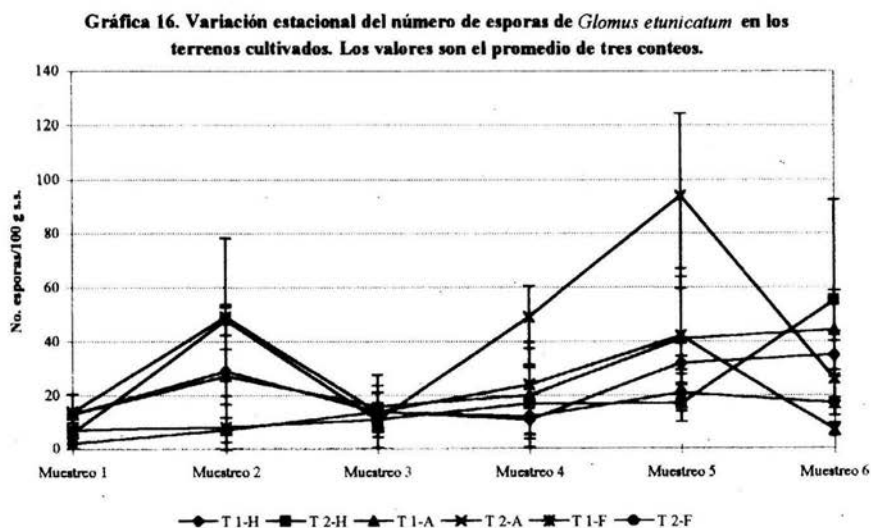
La abundancia de las esporas de *ADLC* no varió a través de las dos primeras etapas fenológicas de las plantas. A partir de la fructificación, las poblaciones de esporas de esta especie aumentaron en todos los terrenos, manteniéndose así hasta la etapa de fruto maduro. Sólo en los terrenos 1-A y 1-F las poblaciones de *ADLC* se mantuvieron constantes a lo largo de todo el periodo de desarrollo de las leguminosas. En los terrenos 2-H, 2-A y 2-F, *ADLC* alcanzó sus valores máximos en la época de fruto maduro, decreciendo en la etapa final. En el terreno 1-H presentó un incremento sostenido a partir de la fructificación (Gráfica 15).

Gráfica 15. Variación estacional del número de esporas de *Acaulospora delicata* en los terrenos cultivados. Los valores son el promedio tres conteos.



8.6.7 *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann (LETC) Fig. 8

En los seis terrenos el número de esporas de *LETC* fue bajo antes de cultivar las leguminosas. No obstante, un mes después de haber sido sembradas las plantas, la abundancia de sus esporas se incrementó en los terrenos de haba y de alverjón. En los terrenos 2-H y 2-A el incremento fue muy evidente, mientras que, en los terrenos 1-H y 1-A fue menor durante la etapa de plántula. En la época de floración la especie presentó cantidades similares a las iniciales en los seis terrenos. A partir de esta etapa, en los terrenos 2-A y 1-F se incrementó su población, alcanzando su máximo valor en la época de fructificación y cultivo maduro respectivamente, decreciendo considerablemente al final del ciclo del cultivo. Por el contrario, en los terrenos 1-H, 2-H y 2-A, el nivel más alto se alcanzó durante la última época del cultivo. La población del terreno 2-H aumentó durante la formación del fruto (Gráfica 16).

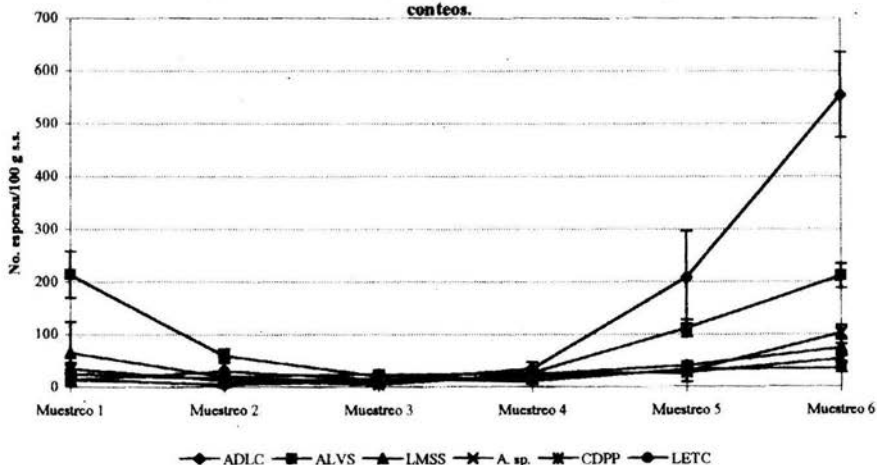


Las especies más abundantes de hongos MA encontradas en el terreno 1-H manifestaron un comportamiento muy semejante al de la población total (Gráficas 7, 8 y 9). *Acaulospora* sp., *LMSS*, *CDPP* y *LETC* exhibieron una abundancia de esporas baja desde el inicio del ciclo de vida del cultivo hasta la etapa de maduración del fruto, *ALVS* presentó el mismo comportamiento hasta la floración, pero alcanzó su máximo incremento entre el período de fructificación y el de fruto maduro.

8.7 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR TERRENO

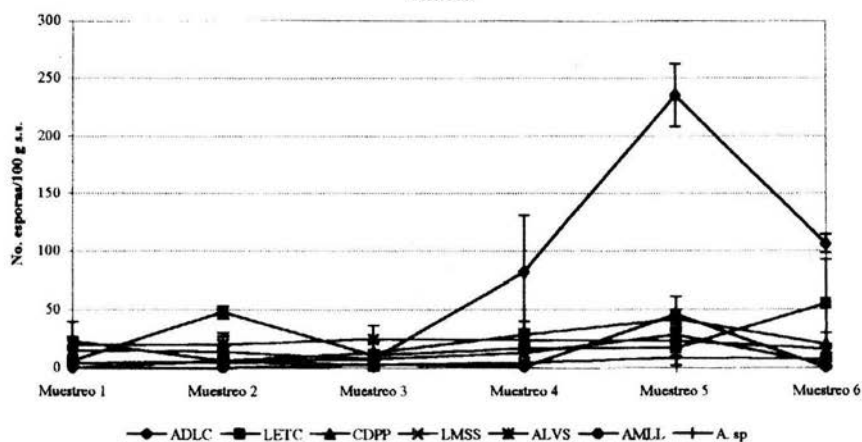
En el terreno 1-H *ADLC* tuvo un número bajo de esporas en el primer muestreo, decreciendo a partir del primer mes de vida de la planta hasta la floración, momento en el que se incrementó para alcanzar su máximo valor al final del período (Gráfica 17). Aunque con valores de número de esporas menores, *Acaulospora* sp. tuvo básicamente el mismo comportamiento que *ADLC*, en tanto *ALVS*, *LMSS* y *CDPP* comienzan con valores altos al inicio del muestreo, declinando posteriormente sus poblaciones, mismas que comienzan a incrementarse nuevamente a partir del quinto muestreo. *LETC* inició el ciclo con poblaciones bajas, las cuales aumentaron en el segundo muestreo, para decaer nuevamente en los dos muestreos subsecuentes y reiniciar su aumento en las etapas finales del ciclo.

Gráfica 17. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes en el terreno 1-H, cultivado con haba (*Vicia faba* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



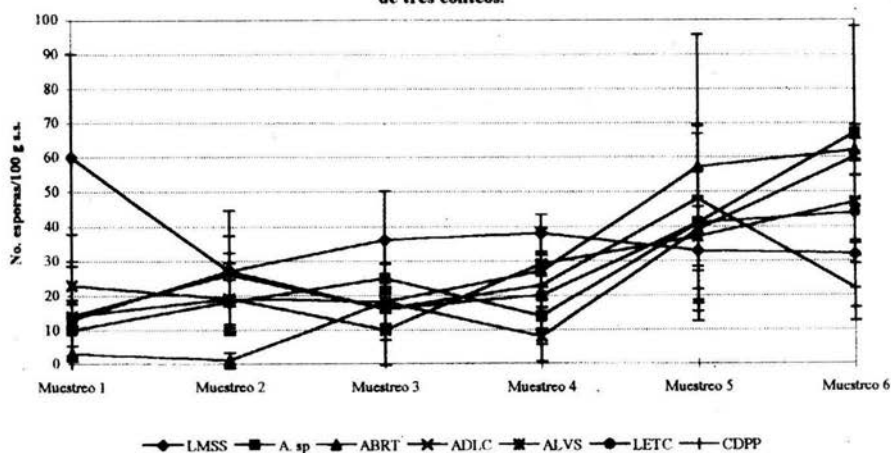
En el terreno 2-H, las siete especies más abundantes presentaron niveles bajos en todo el ciclo de la planta, semejantes a los del terreno 1-H. El número de esporas de *ADLC* se incrementó a partir de la floración llegando a su valor máximo en la etapa de fruto maduro, decreciendo hacia el último muestreo (Gráfica 18).

Gráfica 18. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes en el terreno 2-H, cultivado con haba (*Vicia faba* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



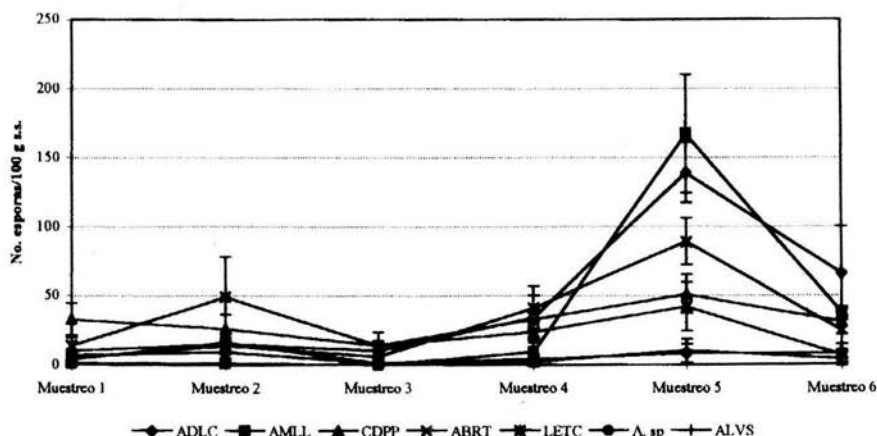
En los terrenos cultivados con alverjón, las poblaciones de las especies fueron bajas en los primeros muestreos. El comportamiento de éstas varió de una especie a otra. *LMSS* presentó un mayor número de esporas antes de la siembra que el resto de las otras especies. En los subsiguientes muestreos durante la época de plántula, la cantidad de esporas no varió, manteniéndose así hasta el final del ciclo. Las cantidades de esporas de *Acaulospora* sp. y *LETC* fueron muy similares durante los cuatro primeros muestreos, posteriormente incrementaron su población en los siguientes muestreos. En los dos primeros muestreos se encontraron pocas esporas de *ABRT*; a partir de la floración hasta el final del ciclo la abundancia de sus esporas se incrementó. La cantidad de esporas de *ALVS* tuvo un decremento en la etapa de fructificación, pero durante las dos últimas etapas su población se incrementó. *CDPP* también aumentó su población en la época de plántula, sin embargo, en la floración vuelve a decaer, posteriormente en las dos siguientes etapas vuelve a incrementarse, aunque al final del ciclo se observó nuevamente un decremento (Gráfica 19).

Gráfica 19. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes en el terreno 1-A, cultivado con alverjón (*Pisum sativum* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



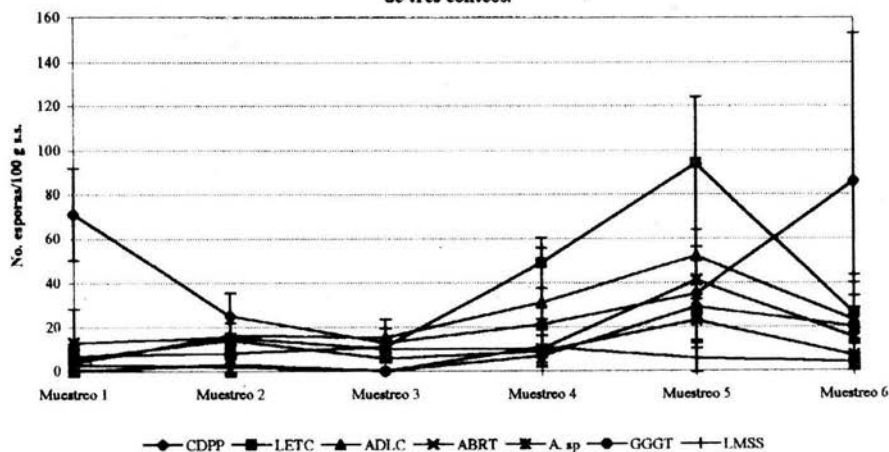
Las poblaciones de esporas de las especies dominantes del terreno 2-A fueron bajas. Sin embargo, *ADLC*, *AMLL* y *ABRT* multiplicaron su número de esporas durante la fructificación alcanzando su máximo valor en la etapa de fruto maduro, decreciendo finalmente en la última etapa del ciclo. *LETC* incrementó su número de esporas al doble de las demás en el segundo muestreo, sin embargo, en el tercer muestreo presentó el mismo valor que en el primero, la población de esta especie tuvo el mismo comportamiento de las tres anteriores durante los tres últimos muestreos. Las poblaciones de *LMSS* y *CDPP* básicamente presentaron un comportamiento similar durante todo el ciclo del cultivo, salvo que *LMSS* alcanzó su máximo valor en la fructificación, mientras que *CDPP* decreció su población en el tercer muestreo, alcanzando su mayor número de esporas en la etapa de fruto maduro. *Acaulospora* sp. y *ALVS* presentaron un incremento durante la etapa de plántula, pero en los dos muestreos sucesivos se observó un decremento y durante la etapa de fruto maduro nuevamente se incrementaron las poblaciones, decreciendo finalmente en el último muestreo (Gráfica 20).

Gráfica 20. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del terreno 2-A, cultivado con alverjón (*Pisum sativum* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



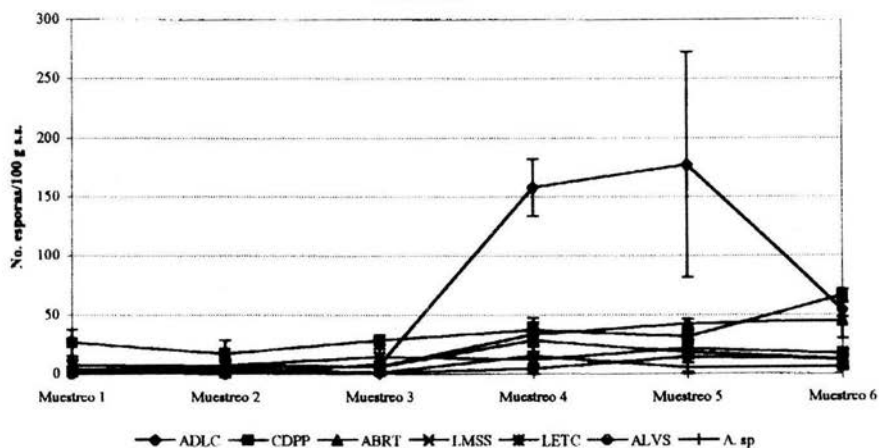
Antes de cultivar el terreno 1-F el número de esporas de *CDPP* fue elevado con relación al resto de las especies que figuraron entre las más abundantes (Gráfica 21), la población de esta especie disminuyó durante los muestreos dos y tres, incrementando su número de esporas a partir del cuarto muestreo, llegando a su máximo valor en la etapa de fruto maduro. Los números de esporas de *LETC* y *ADLC* aumentaron a partir de la etapa de plántula, llegando a su valor más alto en la época de fruto maduro; en el sexto muestreo se apreció un decremento en las poblaciones. El número de esporas de otras especies como *ABRT*, *GGGT* y *Acaulospora* sp. fue bajo hasta el cuarto muestreo, en la etapa de fruto maduro se presentó un incremento, pero al final del ciclo la población decreció; la población de *LMSS* también fue baja a lo largo de todo el ciclo de cultivo, sin embargo, en el tercer muestreo no se detectó esta especie, alcanzando su valor máximo en la fructificación (Gráfica 21).

Gráfica 21. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del terreno 1-F, cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



En el terreno 2-F, la población de esporas de *CDPP* no varió desde antes de la siembra hasta la etapa de cultivo maduro, observándose un incremento en el último muestreo. Especies como *ABRT*, *LMSS*, *LETC*, *ALVS*, *ADLC* y *Acaulospora* sp. presentaron bajas cantidades de esporas a lo largo de los tres primeros muestreos, sin embargo, *ADLC* fue la especie que tuvo un incremento mayor de su población en las etapas de fructificación y fruto maduro, para decaer al final del ciclo de vida de la planta, mientras que *LMSS* y *Acaulospora* sp. alcanzaron su valor máximo en la etapa de fructificación, mismo que comienza a decaer en las dos últimas etapas del ciclo; por otro lado *ABRT* y *ALVS* aumentaron la cantidad de sus esporas a partir de la fructificación y cultivo maduro respectivamente, en tanto que *LETC* alcanzo su máximo valor en el quinto muestreo, para decaer en el último (Gráfica 22).

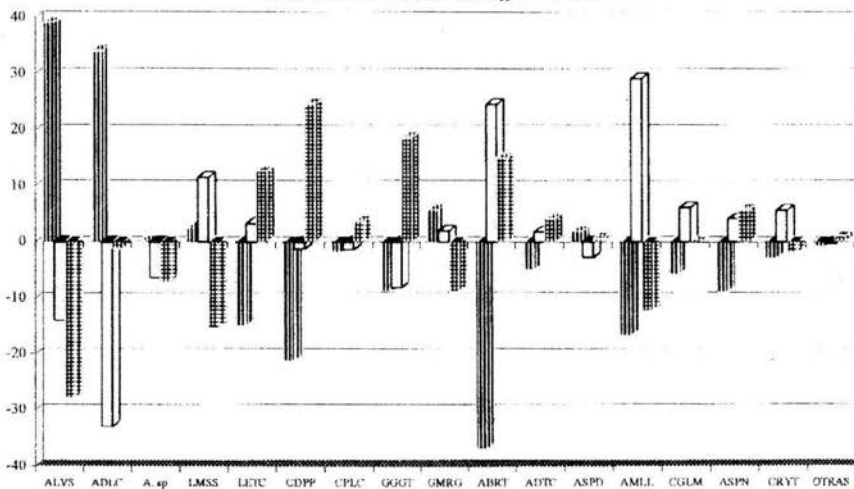
Gráfica 22. Variación estacional del número de esporas de las especies más abundantes del terreno 2-F, cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los valores son el promedio de tres conteos.



8.8 ANÁLISIS DE RESIDUALES AJUSTADOS

A los resultados obtenidos de número total de esporas encontradas a lo largo del ciclo de vida de las plantas se les aplicó la prueba estadística de residuales ajustados para determinar el efecto que pudieran tener las leguminosas sobre las poblaciones de esporas de algunas especies de hongos MA (Gráfica 23).

Gráfica 23. Residuales ajustados de las especies de hongos MA encontradas en los terrenos rotados con las leguminosas.



Se observó que en los terrenos de haba, *ALVS*, *ADLC*, *GMRG* y *LMSS* fueron favorecidas positivamente por este cultivo, mientras que la presencia de esta planta afectó negativamente a *ABRT*, *CDPP*, *AMLL*, *LETC*, *ASPN*, *GGGT*, *CGLM*, *ADTR* y *CRYT*. Otras especies como *Acaulospora* sp. y *CPLC* no fueron influenciadas por la presencia de haba.

En cuanto al alverjón las especies que fueron favorecidas por esta leguminosa fueron *AMLL*, *ABRT* y *LMSS*, seguidas de *CGLM*, *CRYT*, *LETC* y *ASPN*; con respecto a las que manifestaron un efecto negativo fueron *ADLC*, *ALVS*, *GGGT*, *Acaulospora* sp. y *ASPD*; *CPLC* y *CDPP* no fueron afectadas por el alverjón.

Finalmente en los terrenos cultivados con frijol las especies influenciadas favorablemente por este cultivo fueron *CDPP*, *LETC*, *GGGT*, *ABRT* y *ASPN*, en tanto que las que se vieron desfavorecidas fueron *ALVS*, *LMSS*, *AMLL*, *GMRG*, *Acaulospora* sp. y *CRYT*. En especies como *ADLC*, *ASPD* y *CGLM* la presencia o ausencia de esta planta no es un factor determinante en la abundancia de sus esporas

9. DISCUSIÓN

9.1 RIQUEZA DE ESPECIES DE HONGOS MA

El volcán La Malintzi se ubica en la confluencia de dos importantes regiones biogeográficas, y como producto de ello en sus suelos existe una gran riqueza de hongos micorrizógenos, como lo han constatado los estudios realizados por Estrada-Torres *et al.* (1992) y Gavito y Varela (1993) que citaron la presencia de 14 especies de estos hongos en diferentes agrosistemas. Los resultados obtenidos en los diferentes suelos estudiados en la presente investigación ratifican lo anterior, ya que se encontraron 22 especies de hongos MA (Cuadro 5). El número de especies varió de un terreno a otro; en el terreno I-F sembrado con frijol se observó el mayor número de especies, mientras que el menor número se encontró en el terreno I-H cultivado con haba. No obstante, las especies más abundantes se encontraron asociadas a las tres leguminosas estudiadas y sólo algunas especies poco abundantes no se detectaron con alguna de ellas. Bentivenga y Hetrick (1992) y Johnson *et al.* (1991) señalaron que la presencia de una cierta especie de hongo MA se debe a la influencia que ejercen las plantas sobre sus comunidades, pero los resultados del presente trabajo sugieren que la influencia de las especies de leguminosas usadas en la rotación de cultivos es más bien sobre la abundancia relativa de las especies y no sobre su presencia (Cuadro 4).

Así, la abundancia relativa de cada especie varió de un terreno a otro, como es el caso de *ADLC* (Gráficas 5 y 6), An *et al.* (1993) mencionaron que la rotación realizada con cualquier planta puede reducir drásticamente la densidad de algunos de estos hongos afectándolos cualitativa y cuantitativamente.

9.2 ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA

En los agrosistemas, las poblaciones de hongos MA están fuertemente afectadas por diversas prácticas agrícolas como son el uso de monocultivos, la fertilización, el uso de determinadas plantas y la historia del cultivo (Hayman y Stovold, 1979; Baltrushat y Dehne, 1989; Johnson *et al.*, 1991), provocando una baja en el número de esporas de ciertas especies de la población, y la posible existencia de asociaciones selectivas entre especies de plantas y hongos MA (Schenck y Kinloch, 1980). Lo anterior se puede manifestar cuando la planta y las condiciones ambientales son óptimas para una o varias especies de hongos MA ocasionando un cambio cuantitativo en la composición de las especies dentro de la población.

La relación hongo-planta en agrosistemas con bajos insumos agrícolas, como es el caso de los terrenos estudiados, puede aumentar la capacidad competitiva de una o varias especies de estos hongos. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que la rotación de cultivo reprime la producción preferencial de ciertas especies, manteniendo de esta forma una población estable (Sieverding, 1989; An *et al.*, 1993).

Los resultados obtenidos en el estudio demuestran que la abundancia de ciertas especies varía con respecto a la leguminosa utilizada durante la rotación de cultivo; por ejemplo en los terrenos cultivados con haba las especies más abundantes fueron, *ADLC* y *ALVS* y en los de frijol *CDPP* y *ADLC*, lo que puede estar relacionado con ciertas interacciones que se llevan a cabo entre las plantas y las especies de hongos MA, ya que la producción de esporas difiere entre las especies, y esto quizá esté dado por la demanda de carbohidratos que requiera cada una ellas para su desarrollo (Abbott y Gazey, 1994; Salinas *et al.*, 1985). Se ha demostrado también que la biota del suelo juega un papel importante en la regulación o supresión de la esporulación de las esporas de hongos MA (Ross, 1980; Hetrick *et al.*, 1986), por lo tanto si la especie vegetal influye sobre las comunidades microbianas, entonces podrían tener efectos indirectos sobre la composición de especies de estos hongos así como sobre su abundancia relativa.

Se ha observado también que algunas especies están preferentemente asociadas con ciertas plantas, como es el caso de *Gigaspora gigantea* que se ha encontrado principalmente en cultivos de maíz, arroz y tabaco (Mosse, 1975). En el mismo sentido, algunas especies de *Glomus* han sido encontradas asociadas con pastos o en terrenos intensamente manejados, mostrando preferencia por ciertos hospederos (Dhillon, 1992; Sieverding, 1989). Se ha sugerido que el tipo de sistema radical, así como el suministro de carbohidratos, pueden ser importantes para

incrementar la producción de esporas de los hongos MA (Struble y Skipper, 1988), especulándose que la planta juega un importante papel en este proceso, ya que puede actuar como una fuerza selectiva sobre ciertas especies, a través de las condiciones internas de sus raíces o directamente por la producción de exudados radicales. De este modo, las plantas ejercen una acción sobre aquellas especies que habitan la rizosfera de sus raíces, seleccionando a aquéllas que le aporten mayores beneficios. La asociación preferencial puede ser un factor crucial para la producción de las plantas y ha sido observada comúnmente en agrosistemas tropicales, manejados tradicionalmente, mejorando la capacidad competitiva de una o varias especies de hongos micorrizógenos (Sieverding, 1989).

Con respecto a la abundancia relativa de las especies de hongos micorrizógenos en los terrenos cultivados con haba, *ADLC* (terreno 1-H y 2-H) y *ALVS* (terreno 1-H) fueron las especies más abundantes. *LMSS*, *CDPP*, *LETC*, *AMLL* y *Acaulospora* sp. fueron menos abundantes en ambos terrenos. En los terrenos cultivados con alverjón (1-A y 2-A) *LMSS*, *CDPP*, *LETC*, *ALVS*, *ADLC*, *ABRT* y *Acaulospora* sp. fueron codominantes, mientras que en los terrenos cultivados con frijol (1-F y 2-F) las más abundantes fueron *ADLC* (terreno 1-F) y *CDPP* (terreno 1-F y 2-F). Ya que las condiciones edáficas de los suelos de la zona de estudio son básicamente similares (Cuadro 5), éstos parecen no tener efecto alguno sobre la densidad de las esporas, lo cual coincide con el estudio realizado por Land y Schönbeck (1991), en suelos cultivados con cebada. El factor que afectó de forma directa a la densidad de las esporas, fue la especie de planta utilizada en la rotación, ejerciendo un efecto positivo sobre ciertas especies de hongos MA al incrementar sus poblaciones de esporas.

9.3 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS HONGOS MA

Las poblaciones de las esporas más abundantes presentaron un comportamiento estacional relacionado con la fenología de las plantas. La mayor esporulación coincide con los períodos de fruto maduro (muestreo 5) y etapa de cultivo maduro (muestreo 6), hecho que coincide con los trabajos de Gavito y Varela (1993) y Gemma *et al.* (1989), quienes relacionan tal hecho con el flujo nutricional entre la planta y el hongo durante la fase reproductiva. La temperatura, luz, exudados de las raíces y niveles hormonales son otros factores que pueden influir también en dicho proceso. Johnson *et al.* (1992) infirieron que los exudados pueden ser un mecanismo adaptativo que ejerce control sobre los hongos MA y que genera cierta selección por una especie más efectiva, existiendo una posible preferencia hospedante-micorriza o especificidad ecológica que implique un favorecimiento a ciertas combinaciones hospedante-micorriza.

La variación en el número de esporas con relación a las etapas fenológicas de la planta concuerdan, en general, en los seis terrenos. Sieverding (1989) consideró esto como un efecto de las condiciones ambientales o estacionales de la zona. Dhillion *et al.* (1988) observaron que en sitios quemados y no quemado habitados por pastos de la especie *Schizachyrium scoparium*, el número de esporas varió estacionalmente, siendo bajo en el mes de junio en sitios quemados, mientras que, entre octubre y mayo se presentó una etapa de declinación.

Se ha sugerido que los incrementos en el número de esporas de hongos micorrizógenos en cultivos de trigo durante el verano, están relacionado con la época del año (Dhillion *et al.*, 1988).

Las bajas cantidades de esporas encontradas en el primer muestreo se pueden deber a que éste se realizó en ausencia de las raíces del cultivo pasado (maíz) y de forma azarosa. Durante los dos siguientes muestreos (etapa de plántula y floración), de junio a julio las cantidades de esporas fueron constantemente bajas, entre 50 y 200 esporas. Estas cantidades se incrementaron en la etapa en que las plantas florecieron. A partir del mes de octubre, se observó un considerable decremento del número de esporas en los terrenos 2-H, 2-A, 1-F y 2-F, pero ya que el último muestreo se hizo en ausencia de raíces, este decremento puede ser sólo aparente. Es posible que exista una estrecha relación entre la fisiología de la planta y el incremento estacional de las esporas (Gavito y Varela, 1993; Sutton y Barron, 1972). En cultivos de trigo, este comportamiento también ha sido observado por Hayman (1982); se ha observado también que durante la etapa de madurez (fructificación) y envejecimiento, las poblaciones de hongos MA se incrementaron en cultivos de maíz (López-Sánchez y Honrubia, 1992), tomate, fresa, trigo y soya

(Mason, 1964; An *et al.*, 1993). La declinación estacional de las poblaciones de hongos MA, quizá se deba también a factores como el período de vida de estos organismos, la ingestión por fauna del suelo o la acción de otros hongos o parásitos (Sutton y Barron, 1972).

9.4 ANÁLISIS DE RESIDUALES AJUSTADOS Y SU RELACIÓN CON LA VARIACIÓN ESTACIONAL Y LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE HONGOS MA

9.4.1 *Acaulospora laevis* (ALVS) Fig. 2

De acuerdo con el análisis de residuales ajustados, el haba influyó favorablemente sobre las poblaciones de *ALVS*, en tanto el frijol y el alverjón la afectaron negativamente (Gráfica 23).

En el terreno 1-H, *ALVS* se constituyó en la segunda especie en dominancia cuando se toman en cuenta los valores totales de número de esporas durante todo el ciclo del cultivo, y esto se debe básicamente al alto número de esporas presentes en el primero y último muestreos. Esta especie disminuye sus valores del número de esporas a partir del segundo muestreo, pero vuelve a incrementarlos al final del muestreo (Gráfica 10). Era la especie con mayor abundancia relativa antes de la siembra, pero es desplazada al segundo sitio en la cosecha, no obstante que sus valores absolutos siguen siendo básicamente similares a los del primer muestreo (Gráfica 1). El comportamiento de *ALVS* en este terreno puede explicar el resultado encontrado en el análisis de residuales ajustados, sin embargo, los datos del terreno 2-H, no lo soportan de la misma forma, ya que en este caso, aunque *ALVS* se encontró entre las especies dominantes durante el ciclo del cultivo, su abundancia relativa disminuyó del primero al último muestreo, no ubicándose entre las especies dominantes al final del ciclo de la planta (Gráfica 2). Es importante señalar, que los valores absolutos de sus poblaciones se mantienen bajos durante todo el ciclo, aumentando a su valor máximo en el quinto muestreo para luego prácticamente desaparecer del terreno. Es posible que esta planta no contribuya a incrementar la población de *ALVS*, pero si a mantenerla. Es decir, si al principio existe un número alto de esporas, la planta podría tener altos niveles de colonización producidos por esta especie y al final del ciclo recuperar las poblaciones iniciales de la especie. Si la planta se enfrenta a un bajo número de esporas, entonces su colonización y la esporulación al final del ciclo también serán bajas.

ALVS fue una de las especies dominantes en el terreno 1-A, cuando se toman en cuenta los valores absolutos del número de sus esporas de todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió al alto número de esporas presentes en el primero y último muestreos (Gráfica 10). Esta especie disminuye sus valores a partir del segundo muestreo, pero vuelve a incrementarlos al final del

muestreo. Fue la segunda especie con mayor abundancia relativa antes de la siembra, pero durante la cosecha *ALVS* fue una especie codominante, no obstante que sus valores absolutos se incrementaron al final del ciclo (Gráfica 3). El número de esporas de esta especie en el terreno 2-A fue bajo, durante todo el ciclo del cultivo, por lo que no formó parte de las especies más abundantes. Por ello no se puede afirmar el resultado del análisis estadístico, sino más bien deducir que esta leguminosa solo mantiene el número de esporas de la población.

En el terreno 1-F, esta especie no figuró entre las más abundantes, debido al bajo número de esporas encontrado, sin embargo, en el terreno 2-F, *ALVS* fue una de las especies más abundantes cuando se tomaron en cuenta los valores absolutos del número de esporas de todo el ciclo del cultivo (Gráfica 6), ya que se observó un incremento del número de esporas entre el quinto y sexto muestreos (Gráfica 10).

9.4.2 *Acaulospora delicata* (ADLC) Fig. 7

Los resultados del análisis estadístico indican que el haba tuvo una influencia positiva sobre las poblaciones de esta especie, mientras que el alverjón ejerció un efecto negativo y el frijol no tuvo efecto alguno (Gráfica 23).

En los terrenos 1-H y 2-H, esta especie figuró como la especie dominante (Gráficas 1 y 2), tomando como base los valores absolutos totales de las esporas durante todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió al evidente incremento en el número de esporas en las etapas finales del cultivo. En ambos terrenos, la población fue baja desde el primero hasta el tercer muestreo, incrementándose a partir del cuarto muestreo; en el terreno 1-H alcanza su máximo valor en el sexto muestreo, en tanto que el terreno 2-H lo alcanzó en el quinto (Gráfica 15).

En el terreno 1-H, *ADLC* fue una de las especies con una baja abundancia relativa antes de la siembra, mientras que en el terreno 2-H era prácticamente inexistente, sin embargo, en los dos terrenos se observó un incremento en su población al final del ciclo, desplazando de la dominancia a *ALVS* en el terreno 1-H y a *CDPP* en el terreno 2-H siendo finalmente la especie dominante en ambos terrenos (Gráficas 1 y 2). Es claro que el comportamiento de *ADLC* en los dos terrenos puede corroborar el resultado observado en el análisis de residuales ajustados, durante el primer muestreo no se encontró espora alguna en el terreno 2-H, pero conforme el ciclo del cultivo se desarrolló la población alcanzó valores de hasta 236 esporas, lo cual es una evidencia clara de que esta leguminosa favorece la esporulación de esta especie.

En los terrenos de alverjón, *ADLC* formó parte de las especies dominantes (Gráfica 3 y 4), ya que los valores del número de sus esporas durante todo el ciclo de la leguminosa se mantuvieron constantes, excepto que en el quinto muestreo del terreno 2-A en donde alcanzó su máximo valor con 131 esporas (Gráfica 15).

Esta especie en ambos terrenos presentó una abundancia relativa baja antes de la siembra, y durante la cosecha, incrementa su abundancia relativa llegando a ser especie codominante en el terreno 1-A y dominante en el terreno 2-A (Gráficas 3 y 4). Es evidente que lo explicado anteriormente es contradictorio con lo que evidencian los resultados del estadístico, pues los resultados del terreno 2-A indicarían que esta planta favorece a *ADLC*, sin embargo, el efecto negativo que aparentemente ejerce esta leguminosa pueda explicarse por la cantidad de esporas de las otras especies con las que comparte la codominancia en dichos terrenos, ya que es posible que esta especie solo mantenga el número de sus esporas en presencia de esta planta.

Respecto al cultivo del frijol la población de esporas de *ADLC* del terreno 1-F, tuvo un comportamiento muy parecido al del terreno 1-A, en tanto que en el terreno 2-F fue una especie de las más abundantes, aún con un bajo porcentaje antes de la siembra, pero en la cosecha incremento su abundancia relativa (18%), ya que sus valores absolutos en las etapas de fructificación y cultivo maduro se incrementaron, para decaer en el sexto muestreo (Gráfica 15); no obstante al final del ciclo del cultivo, *ADLC* fue la especie dominante (Gráfica 6). Con base en los valores absolutos del número de esporas de la población con relación a los resultados del análisis de residuales ajustados, es inexplicable que el frijol no tenga efecto alguno sobre esta especie, ya que fue claro que su número de esporas se incremento en las etapas finales. De igual manera que en el alverjón quizá esta planta también este solo manteniendo los niveles de la población.

9.4.3 *Acaulospora* sp. Fig. 6

Según el análisis estadístico, *Acaulospora* sp. no fue influenciada de ninguna forma por el haba, en cambio el alverjón y el frijol influyeron negativamente en el incremento de esporas (Gráfica 23).

Acaulospora sp. siempre se encontró en bajas cantidades en los tres cultivos durante toda su época de siembra. En el terreno 1-H, *Acaulospora* sp. formó parte de las especies más abundantes al ser considerado el total del número de sus esporas a lo largo de todo el ciclo del

haba, ello se debió a que en el último muestreo, el número de sus esporas aumentó considerablemente (Gráfica 14). Esta especie tuvo una baja abundancia relativa antes de la siembra y durante la cosecha, sin embargo, se constituyó como una de las más abundantes al considerar el ciclo completo (Gráfica 1). En contraste, esta especie no figuró entre las más abundantes en el terreno 2-H, ya que sus valores totales del número de esporas a lo largo de todo el ciclo del cultivo fue muy bajo, *Acaulospora* sp. mostró una baja abundancia relativa en la cosecha, no obstante que sus valores absolutos fueron parecidos a lo largo de los seis muestreos. Debido a lo anterior, el resultado del análisis estadístico puede ser afirmado, ya que el número de esporas de esta especie siempre se mantuvo sin un incremento real.

En el terreno 1-A, *Acaulospora* sp. fue una especie codominante a pesar de que el número total de esporas a lo largo de todo el ciclo del cultivo fue bajo (Gráfica 3); esto se debe a que en los dos últimos muestreos se vio un incremento del número de sus esporas figurando entre las más abundantes en la cosecha.

En el terreno 2-A (alverjón) y en los dos de frijol (1-F y 2-F), *Acaulospora* sp. mostró un comportamiento similar de sus poblaciones, esta especie se constituyó como una de las más abundantes al final del ciclo del cultivo en los tres terrenos (Gráficas 4, 5 y 6), a pesar de que los valores absolutos del número de sus esporas siempre fueran bajos y no variaran grandemente a lo largo del desarrollo de las leguminosas (Gráfica 14).

Este resultado puede darse debido a las cantidades relativamente bajas de esporas del resto de las especies abundantes. Es posible que estas plantas no contribuyen a causar un decremento en la población, pero si al menos a mantener la población.

9.4.4 *Glomus mosseae* (LMSS) Fig. 4

Esta especie se vio favorecida positivamente por el haba y el alverjón, pero no así por el frijol; que según el análisis de residuales ajustados tiene una influencia negativa sobre esta especie (Gráfica 23).

En los dos terrenos cultivados con haba, LMSS formó parte de las especies abundantes cuando se toman en cuenta los valores del número de esporas de todo el ciclo del cultivo. En el terreno 1-H se debió a que en el primero y los dos últimos muestreos se obtuvo un número alto de sus esporas, en tanto que en el terreno 2-H, se mantuvo la población a lo largo de todo el ciclo con

valores similares (Gráfica 12). En el primer terreno tuvo una abundancia relativa alta antes de la siembra, pero decayó en la cosecha (Gráfica 1). En el terreno 2-H, esta especie también figuró entre las más abundantes al final del período del cultivo, lo cual se debió a que presentó inicialmente un número mayor de esporas con respecto a otras especies abundantes, la cantidad de esporas disminuyó en el sexto muestreo, a pesar de ello, formó parte de las cinco especies más abundantes (Gráfica 2).

El comportamiento de esta especie en el terreno 1-H puede confirmar el resultado obtenido a través del análisis estadístico, sin embargo, los datos del terreno 2-H, no indican lo mismo, a pesar de que *LMSS* se encontró entre las especies dominantes durante el ciclo del cultivo. Cabe resaltar que los valores absolutos de sus poblaciones se mantuvieron constantes durante todo el período analizado.

Es posible que esta planta no intervenga a incrementar la población de esta especie y quizá solo mantenga el mismo número de esporas a lo largo de toda la época de cultivo.

Las poblaciones de esporas de los terrenos 1-A y 2-A tuvieron un comportamiento muy similar a las de haba, excepto que en el terreno 1-A, *LMSS* fue la especie dominante antes de la siembra, lo cual se debió a que en el primer muestreo presentó una cantidad alta de sus esporas, que determinaron su dominancia, declinando en la cosecha para seguir el mismo patrón del terreno 1-H (Gráfica 3). De igual manera, es posible que también esta planta sólo mantenga a los niveles de esporas de esta especie fúngica.

En el terreno 1-F, *LMSS* solo figuró entre las especies más abundantes, cuando se tomaron en cuenta los valores totales de número de sus esporas de todo el ciclo del cultivo. Su presencia entre las especies más abundantes se debió al incremento de sus esporas durante los tres últimos muestreos (Gráfica 12), es necesario señalar que dado el bajo número de sus esporas, no figuró entre las más abundantes antes de la siembra ni en la cosecha (Gráfica 5). En cuanto al terreno 2-F, esta especie también estuvo entre las especies dominantes (Gráfica 6), con una abundancia relativa baja, al tomar en cuenta los valores totales de todo el ciclo del cultivo; de igual manera que en el terreno 1-F las esporas aumentaron en los últimos tres muestreos.

Con base en los valores absolutos de número de esporas y los de abundancia relativa es posible decir que esta planta no cause un efecto negativo sobre las poblaciones, si no más bien contribuya a mantener sus niveles poblacionales.

9.4.5 *Glomus etunicatum* (LETC) Fig. 8

El análisis estadístico indicó que la población de esporas de *LETC* estuvo afectada negativamente por el haba, en tanto que el alverjón y el frijol la influyeron positivamente (Gráfica 23).

En el terreno 1-H, *LETC* estuvo entre las especies dominantes al ser tomados en cuenta los valores de número de esporas de todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió al alto número de esporas presentes en el segundo, quinto y sexto muestreos. Esta especie disminuyó sus poblaciones de esporas en el tercero y cuarto muestreos (Gráfica 16). Fue la especie con menor abundancia relativa antes de la siembra y en la cosecha, no obstante que sus valores absolutos se incrementaron al final del ciclo (Gráfica 1). El comportamiento de esta especie no puede dar una explicación del resultado obtenido mediante el análisis estadístico en cuanto al efecto negativo del haba, debido a que se observó un incremento de su población en tres ocasiones, en determinado caso esta planta parece contribuir a mantener la cantidad de esporas de *LETC*.

Los resultados del terreno 2-H tampoco confirman el efecto negativo que se infiere del análisis estadístico y confirman lo antes mencionado con respecto a que el haba mantiene la cantidad de esporas a lo largo del ciclo. En este caso, fue la tercera especie en abundancia al considerar los conteos de todo el ciclo del cultivo, lo cual fue también reflejado por el alto número de esporas que se hizo presente en el segundo y sexto muestreos, esta especie mostró tener valores bajos en el tercer y quinto muestreos (Gráfica 16). *LETC* tuvo la abundancia relativa más baja antes de la siembra, mientras que en la cosecha sus poblaciones se incrementaron para ser la segunda especie en abundancia (Gráfica 2).

Básicamente, en los terrenos cultivados con alverjón, las poblaciones de esporas se comportaron igual a las de los terrenos 1-H y 2-H, salvo que en estos sitios se da una codominancia entre las especies más abundantes (Gráficas 3 y 4). En ambos terrenos, la presencia de esta especie entre las dominantes se da por el aumento de los valores de sus esporas en el segundo, quinto y sexto muestreos (Gráfica 16). Es claro que tomando como base la variación estacional del número de esporas a través de todo el ciclo del cultivo, esta planta no favorece plenamente la esporulación de *LETC*, quizá solo contribuya a mantener la población a lo largo del periodo del cultivo. Sin embargo, en el terreno 1-F, *LETC* es la segunda en abundancia (Gráfica 5), al tomar en cuenta los valores totales de número de esporas durante todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió al incremento del número de esporas en los tres últimos muestreos, pues durante los tres primeros sus valores fueron bajos. Era una especie con una baja abundancia

relativa antes de la siembra, pero la incrementa en la cosecha al doble como consecuencia del aumento de sus valores absolutos en los muestreos finales (Gráfica 16). El comportamiento de esta especie en este terreno puede confirmar el resultado encontrado con el análisis de residuales ajustados.

9.4.6 *Scutellospora dipurpurascens* (CDPP) Fig. 3

De acuerdo con el análisis de residuales ajustados los cultivos de haba y alverjón ejercieron un efecto negativo sobre CDPP, el frijol tuvo en tanto uno positivo (Gráfica 23).

En el terreno 1-H, CDPP fue una de las especies dominantes cuando se tomaron en cuenta los valores de número de esporas de todo el ciclo del cultivo (Gráfica 1), lo cual se debe a los valores de esporas presentes en el muestreo uno y seis, cantidades que disminuyeron en los muestreos dos y tres, para volver a incrementarse en el cuarto y quinto muestreos (Gráfica 11).

En el terreno 2-H, constituyó una de las especies dominantes considerando todo el ciclo de la leguminosa (Gráfica 2), con una baja abundancia relativa a lo largo de toda la época del cultivo; solo se detectó un incremento de la cantidad de esporas en el quinto muestreo, pero éste volvió a decaer al final del muestreo (Gráfica 11). Fue la especie con mayor abundancia relativa antes de la siembra, pero ésta fue desplazada al tercer sitio en la cosecha, aunque los valores absolutos fueron similares a los del primer muestreo. En los dos terrenos de frijol se constituyó como una de las especies codominantes (Gráficas 5 y 6).

En el terreno 1-A, el número de esporas fue bajo durante todo el período del cultivo, manteniéndose así hasta el quinto muestreo donde se vio un incremento de su población (Gráfica 11), volviendo a decaer al final del ciclo, pero en la cosecha no figuró entre las más abundantes, es posible que esto se haya presentado debido a que en el sexto muestreo la población de esporas decreció (Gráfica 3).

En el terreno 2-A, CDPP fue la especie dominante en el primer muestreo con una alta abundancia relativa (Gráfica 4). A pesar de que sus valores absolutos fueron bajos durante todo el ciclo, decreció hasta la mitad durante la cosecha. De acuerdo con lo observado, las cantidades absolutas de esporas de CDPP, en los cuatro terrenos (1-H, 2-H, 1-A y 2-A) fueron bajas y similares durante todo el período del cultivo (Gráfica 11), es posible que las leguminosas solo

mantuvieron la población de esta especie y por lo tanto el efecto que indica el análisis estadístico no sea real.

En el terreno 1-F, fue la especie dominante al considerar los conteos de todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió al alto número de esporas presentes en los primero y último muestreos. Esta especie disminuyó su cantidad de esporas a partir del segundo muestreo, volviéndose a incrementar al final del mismo (Gráfica 11). Fue la especie con mayor abundancia relativa antes de la siembra y durante la cosecha, a pesar de que sus valores absolutos son básicamente similares a los del primer muestreo (Gráfica 5). El comportamiento de esta especie en este terreno puede explicar el resultado de la prueba de residuales ajustados, sin embargo, los datos del terreno 2-F, no lo soportan de la misma forma, ya que en este caso, aunque se encontró como la segunda especie en abundancia durante el ciclo del cultivo (Gráfica 6), su abundancia relativa disminuyó del primero al quinto muestreos, para alcanzar su máximo valor en el sexto muestreo. Es probable que esta planta tampoco favorezca esta especie y que solo la mantenga en niveles similares a los que se encuentran cuando ambos organismos comienzan a interactuar entre sí.

9.4.7 *Scutellospora pellucida* (CPLC)

La presencia de CPLC fue muy rara. Se encontró en los tres cultivos en bajas cantidades, debido a lo cual es difícil argumentar si las leguminosas influyeron de manera positiva o negativa sobre sus poblaciones, aunque el análisis de residuales ajustados indica que el haba y el alverjón influyen negativamente, en tanto que el frijol lo hace positivamente (Gráfica 23), tal efecto pudiera estar dado por el número de esporas presentes en cada uno de los terrenos y no por la influencia de la planta.

9.4.8 *Gigaspora gigantea* (GGGT) Fig. 9

Esta especie se presentó raramente en todos los suelos cultivados. Los resultados del estadístico determinaron que el haba y alverjón tuvieron un efecto negativo, en tanto que el frijol ejerció uno positivo (Gráfica 23).

En el terreno 2-H, esta especie presentó una baja abundancia relativa antes de la siembra, pero en la cosecha fue desplazada por ADLC. Al final del ciclo del cultivo, GGGT no se encontró entre las especies dominantes (Gráfica 2). En los terrenos 1-H, 1-A, 2-A y 2-F nunca

figuró entre las especies más abundantes, debido a que sus valores absolutos de número de esporas en todo el ciclo del cultivo fueron bajos. Este comportamiento no apoya los resultados del estadístico.

En el terreno 1-F, *GGGT* formó parte de las especies dominantes con una baja abundancia relativa al considerar todo el ciclo del cultivo, lo cual se debió a que en la cosecha esta especie presentó una abundancia relativa alta (10%). Es posible que en este caso el frijol haya favorecido a esta especie, ya que de no haber estado presente entre las especies más abundantes antes de la siembra, ocupó en la cosecha un lugar entre ellas y paso a figurar entre las más abundantes, cuando se contempla el ciclo completo (Gráfica 5).

9.4.9 *Gigaspora margarita* (*GMRG*) Fig. 10

Fue más abundante que *GGGT*, a pesar de ello su población fue baja en todos los terrenos. Los resultados estadísticos (Gráfica 23) indican que el haba y el alverjón la favorecieron positivamente, mientras que el frijol tuvo un efecto negativo.

En los terrenos 1-H y 2-H no figuró entre las especies dominantes. Pero en los terrenos 2-H y 1-A, *GMRG* formó parte de las especies dominantes antes de la siembra lo que se debió al número de esporas presentes en el primer muestreo, no figuró entre ellas durante la cosecha dado que su valor absoluto disminuyó en esta etapa (Gráficas 2 y 3).

Dado los bajos valores de número de esporas durante el período de estudio es difícil afirmar si estos cultivos tienen en realidad un efecto positivo sobre esta especie. El hecho de que en los terrenos 1-F y 2-F, *GMRG* haya estado presente entre las especies más abundantes antes de la siembra, es debido a que sus valores absolutos al inicio del ciclo fueron altos; sin embargo, en la cosecha esta especie fue desplazada por *GGGT* en el terreno 1-F y por *ALVS* en el terreno 2-F (Gráficas 5 y 6).

El bajo número de esporas en ambos terrenos quizá haya jugado un papel importante para que el resultado del análisis de residuales ajustados indicara que el frijol cause un efecto negativo sobre esta especie.

9.4.10 *Acaulospora bireticulata* (ABRT) Fig. 5

De acuerdo con el análisis de residuales ajustados, el haba tuvo un efecto negativo sobre ABRT, en tanto que el alverjón y frijol favorecieron negativamente a esta especie (Gráfica 23).

En el terreno 1-H nunca se detectó la presencia de esta especie, mientras que en el terreno 2-H, se constituyó como una especie dominante antes de la siembra (Gráfica 2), disminuyendo sus valores de número de esporas a partir del segundo muestreo; posteriormente se volvió a incrementar su población en el quinto muestreo, para finalmente desaparecer prácticamente en el último de ellos, razón por la cual esta especie no se encontró entre las más abundantes al final del ciclo del cultivo. El comportamiento de ABRT en este terreno puede explicar el resultado de residuales ajustados ya que esta especie se presentó esporádicamente a través de todo el ciclo del cultivo y los valores absolutos de su población siempre fueron bajos (Gráfica 13).

En los dos terrenos cultivados con alverjón, ABRT siempre formó parte de las especies más abundantes al final del ciclo del cultivo; los valores absolutos del número de sus esporas fueron bajos en el terreno 1-A, mientras que en el 2-A fueron más elevados, por lo que figuró con una baja abundancia relativa, antes de la siembra; del muestreo tres hasta el último muestreo incrementó los valores de sus esporas, mientras que en el terreno 2-A el incremento se llevó a cabo a partir del segundo muestreo, decreciendo en el tercero, y volviendo a aumentar en los muestreos cuatro y cinco, disminuyendo nuevamente al final del ciclo (Gráfica 13). Dado que sus valores absolutos se incrementaron en los muestreos finales, esta especie presentó alta abundancia relativa en la cosecha en ambos terrenos, tomando en cuenta estos incrementos poblacionales, esta especie figuró en los dos terrenos como una especie que compartió la codominancia con otras especies con mayor abundancia (Gráficas 3 y 4).

Los resultados del análisis estadístico pueden ser reforzados tomando en cuenta que la población tuvo un incremento más o menos constante a través de todo el ciclo del cultivo por lo que es creíble que esta planta sí favorece la esporulación de esta especie.

En los terrenos 1-F y 2-F, ABRT también formó parte de las especies dominantes cuando se tomaron en cuenta los valores totales del número de sus esporas durante todo el ciclo del cultivo (Gráficas 5 y 6), lo cual se debió a que en los últimos muestreos se incrementó el número de sus esporas (Gráfica 13). En el terreno 1-F, ABRT fue la segunda en dominancia antes de la siembra, pero fue desplazada al quinto sitio en la cosecha, a pesar de que su valor absoluto del

número de sus esporas en el sexto muestreo fue mayor que el primero. El comportamiento de esta especie en este terreno no confirma claramente el resultado del análisis estadístico, sin embargo, los datos del terreno 2-F, si soportan el hecho de que el frijol favorezca positivamente a esta especie, ya que en el primer muestreo se observó una baja cantidad de esporas, la cual se fue incrementando paulatinamente hasta alcanzar su valor máximo en el sexto muestreo.

9.4.11 *Acaulospora mellea* (AMLL) Fig. 11

Con base en el resultado del análisis de residuales ajustados, *AMLL* fue afectada positivamente por el alverjón y negativamente por el haba y el frijol (Gráfica 23).

En los terrenos 1-H, 1-A, 1-F y 2-F se encontró raramente, en tanto que en el terreno 2-H, *AMLL* figuró entre las especies más abundantes al considerar los valores absolutos del número de esporas de todo el ciclo del cultivo (Gráfica 2), y esto se debió básicamente al aumento de su población durante el tercero, cuarto y quinto muestreos (Gráfica 18), no obstante fue la especie con menor abundancia relativa (4%), dado los incrementos de su población es posible que el haba si favoreció positivamente a esta especie, sin embargo, la cantidad de esporas de las otras especies fueron mayores con respecto a ésta, de ahí que posiblemente se este determinando un efecto negativo.

En el terreno 2-A, *AMLL* también figuró como una de las especies codominantes, al final del ciclo del cultivo (Gráfica 4), lo cual se debió al alto número de esporas presentes en el quinto y sexto muestreos (Gráfica 20). Esta especie no figuró entre las especies más abundantes antes de la siembra, ya que sólo se encontró raramente durante los primeros cuatro muestreos, sin embargo, fue la segunda especie más abundante durante la cosecha, alcanzando una abundancia relativa del 18%, es evidente que la población de *AMLL* tuvo un incremento en presencia del alverjón, lo que afirma el resultado del análisis estadístico.

ADTC, *CRYT*, *ASPD*, *CGLM*, y *ASPN* fueron especies que se presentaron excepcionalmente, por lo que es difícil explicar el posible efecto positivo o negativo que la planta pudiera producir sobre sus poblaciones.

9.5 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NÚMERO DE ESPORAS POR TERRENO

Con respecto a la variación estacional de las esporas en los seis terrenos, podemos decir que la diversidad de especies no varió de un cultivo a otro. El comportamiento de las especies más abundantes presentó el mismo patrón que siguió la población global, teniendo por lo general cantidades más o menos bajas antes de la siembra, y conservándose así hasta la floración. A partir de este período, la cantidad de esporas de las distintas especies se incrementó en mayor o menor grado, tal es el caso de *ADLC* y *Acaulospora* sp. (Gráfica 17). Aunque algunas poblaciones de especies como *AMLL*, *ABRT* y *LETC* decayeron durante la fase de fruto maduro (Gráficas 20 y 21), es claro que las especies de hongos MA incrementaron su población de esporas al final de la época de crecimiento del cultivo (fructificación y fruto maduro), mismo que se desarrolla entre los meses de julio y septiembre. Estas especies pueden ser consideradas como hongos que esporulan sólo en una determinada fase de desarrollo de la planta hospedera, como es el caso de *ABRT* y *ADLC* (Gráficas 13 y 15) cuyo pico de esporulación coincide con el final del ciclo de la planta. No obstante, otras especies presentaron esporulación a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta hospedera como es el caso de *LMSS* y *LETC* (Gráficas 12 y 16). En los terrenos 2-H y 2-A, *LETC* presentó un incremento durante el primer mes después de la siembra (Gráfica 16) lo cual puede ser atribuido a una esporulación temprana; *CDPP* (terreno 2-F), *LMSS* (terreno 2-H) y *ABRT* (terreno 1-F) aparentemente sostienen un proceso de esporulación constante a lo largo del ciclo (Gráficas 11, 12 y 13), mientras que, *ADLC* (terrenos 1-H, 2-H y 2-A) presentó sus picos de esporulación al final del ciclo del cultivo (Gráfica 15). Es importante señalar que *LETC* presentó dos períodos de esporulación aumentando su población en la etapa de plántula y durante la floración.

La esporulación de estos hongos difiere entre cada una de las especies y está influenciada por diversos factores ambientales, edáficos, de competencia interespecífica, así como la coexistencia con otros hongos MA (Gerschevske *et al.*, 1987; Gemma *et al.*, 1989; Kurle y Pflieger, 1994); sin embargo, la abundancia de una especie puede estar asociada también con la baja esporulación de otras especies y los mecanismos de esporulación de cada una de las especies de hongos MA pueden ser interpretadas como una estrategia para minimizar la competencia directa entre ellas, en el proceso de colonización. Ross (1980) observó que la microbiota del suelo puede

inhibir la esporulación de algunas especies y la insensibilidad a la represión microbiana, puede ser una ventaja competitiva que se manifiesta entre las especies de estos hongos.

Los patrones de esporulación que manifestaron las especies de hongos MA también pueden ser entendidos como una estrategia de selección, ya que las plantas hospedantes pueden estimular la esporulación de ciertas especies de estos hongos, y se puede pensar en la existencia de una afinidad entre las raíces de la planta y el micelio de sus hongos asociados (Mosse, 1975; Schenck y Kinloch, 1980). Las variaciones que se observaron están claramente relacionadas con la fenología de las plantas como lo han postulado Gavito y Varela (1993) y McGraw y Hendrix (1986).

Existen diferencias entre las especies de hongos MA en cuanto a su agresividad e infectividad para colonizar nuevas raíces, por ello las diferencias en el número de esporas de cada especie pueden tener alguna relación con la eficiencia de los propágulos para colonizar nuevos hospedantes. Se ha observado que la cantidad de esporas producidas está directamente relacionada con la cantidad de colonización micorrízica (Hayman, 1970; Daft y Nicolson, 1972). Sin embargo, la velocidad de cada especie de hongo MA para colonizar las raíces dependerá de su infectividad, que es la capacidad que tiene un hongo en particular para colonizar las raíces, y ésta a su vez dependerá de la cantidad de propágulos de este hongo (Wilson, 1984). Otra característica muy importante es la agresividad, que se ha definido como la capacidad que poseen diferentes hongos para competir en la colonización de las raíces, o sea que un hongo agresivo es aquel que mantiene una infectividad alta en presencia de una mezcla de propágulos de diferentes hongos MA (Wilson y Tommrup, 1985); por tanto los hongos difieren en su infectividad en razón de su agresividad, este hecho se ha relacionado con la demanda de carbohidratos que requieren los hongos MA (Struble y Skipper, 1988). La lucha por sitios de penetración a la raíz refleja una competencia por nutrientes, los cuales pueden ser involucrados en la colonización de las raíces. El tipo de raíz de la planta hospedante también puede jugar un papel importante al aumentar los niveles de esporulación de ciertas especies de hongos MA, esto ha sido observado en sorgo el cual posee un sistema radical fino en comparación con el del maíz (Kormanik *et al.*, 1980; Struble y Skipper, 1988).

Se ha sugerido que el número de esporas de hongos MA puede ser una medida efectiva para estimar el porcentaje de colonización de las raíces de las plantas hospedantes (Daft y Nicolson, 1972). Sin embargo, Baylis (1969) observó pocas esporas en plantas perennes de climas templados, a pesar de haber encontrado altos porcentajes de raíces colonizadas, por lo que la relación del número de esporas y la colonización de las raíces no es clara, especialmente en

poblaciones mezcladas de hongos MA (Kurlle y Pfleger, 1994). Las cantidades de esporas encontradas en este estudio no reflejan necesariamente, que se haya presentado un alto o bajo porcentaje de colonización en las raíces de las leguminosas.

La alta producción de esporas se ha relacionado con las especies de plantas sin sistemas radicales finos y sin un gran desarrollo de pelos; estas plantas son frecuentemente más colonizadas y dependientes de la asociación micorrízica (Bonfante-Fasolo, 1986). St. John (1980) confirmó en plantas tropicales la correlación existente entre la frecuencia y longitud de los pelos radicales con la capacidad de las plantas para asociarse con hongos micorrizógenos. Asimismo Strubble y Skipper (1988) observaron, bajo condiciones de invernadero, que el pasto bahía, el maíz y el pasto sudán favorecieron más que la soya la producción de esporas, lo que sugiere que el crecimiento rápido del sistema radical de los pastos provee condiciones óptimas para una rápida colonización y esporulación.

10. CONCLUSIONES

- *Las características físicas y químicas que se evaluaron en cada uno de los suelos de la zona de estudio, no influyeron sobre la riqueza y abundancia de las especies de hongos MA, debido a que éstos no presentaron valores dispares entre sí (Cuadro 5).
- *La práctica de rotación del cultivo utilizando las leguminosas como el haba, alverjón y frijol pueden influir favorablemente sobre el número de esporas de algunos hongos micorrizógenos, tales como *ABRT* por el alverjón, *LETC* y *GGGT* por el frijol y *ADLC* por el haba.
- *La selección de especies de hongos MA a través de la leguminosa usada en la rotación de cultivos con maíz es un aspecto que debe de tomarse en consideración en el manejo de estos agrosistemas, ya que de esta forma se puede garantizar la sobrevivencia y/o incremento de aquellas especies de hongos MA que puedan aportar beneficios al cultivo de maíz.

11. LITERATURA CITADA

- Abbott, L. K. y C. Gazey, 1994. An ecological view of the Formation of VA mycorrhizas. *Plant Soil* 159: 69-78.
- Abbott, L. K. y A. D. Robson, 1977. The distribution and abundance of vesicular arbuscular endophytes in some Western Australian soils. *Aust. J. Bot.* 25: 515-522.
- Abbott, L. K. y A. D. Robson, 1982. Infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 1049-1059.
- Abbott, L. K. y A. D. Robson, 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. *En: Powell C. Ll. y Bagyaraj, D. J. (Eds.). VA Mycorrhiza.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 113-130.
- Allen, M. F., T. S. Jr. Moore y M. Christensen, 1980. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular mycorrhizae. I. Cytokinin increases in the host plant. *Can. J. Bot.* 58: 371-374.
- Allen, M. F., T. S. Jr. Moore y M. Christensen, 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular mycorrhizae. II. Altered levels of giberellin-like substances and abscisic acid in the host plant. *Can. J. Bot.* 60: 468-471.
- Allen, M. F. y M. G. Boosalis, 1983. Effects of two species of VA mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. *New Phytol.* 93: 67-76.
- An Z.-O., J. W. Hendrix, D. E. Hershman, R. S. Ferriss y G. T. Henson, 1993. The influence of crop rotation and soil fumigation on a mycorrhizal fungal community associated with soybean. *Mycorrhiza* 3: 171-182.
- Anónimo, 1987. Los Municipios de Tlaxcala. Gobierno del estado de Tlaxcala, Centro Nacional de Estudios Municipales, Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Tlaxcala, Tlaxcala.
- Azcón-G. de Aguilar, C., R. Azcón y J. M. Barea, 1979. Endomycorrhizal fungi and *Rhizobium* as biological fertilizers for *Medicago sativa* in normal cultivation. *Nature* 279: 325-326.
- Bagyaraj, D. J., 1984. Biological interactions with mycorrhizal fungi. *En: Powell C. Ll. y Bagyaraj, D. J. (Eds.). VA Mycorrhiza.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 131-153.
- Bagyaraj, D. J., 1991. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *En: Arora K. D., B. Rai, K. G. Mukerji y G. R. Knudsen (Eds.). Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants I.* Marcel Dekker, INC. Nueva York.

- Bagyaraj, D. J., A. Manjunath y R. B. Patil, 1979. Interactions between a vesicular arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* and their effects on soybean in the field. *New Phytol.* 82: 141-145.
- Baltrushat, H. y H. W. Dehne, 1989. The occurrence of vesicular arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems II. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter barley. *Plant Soil* 113: 251-252.
- Barea, J. M. y C. Azcón-Aguilar, 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Adv. Agron.* 36: 1-54.
- Baylis, G. T. S., 1969. Host treatment and spore production by *Endogone*. *N. Z. J. Bot.* 7: 173-181.
- Bentivenga, S. P. y B. A. D. Hetrick, 1992. The effect of prairie management practices on mycorrhizal symbiosis. *Mycologia* 84: 522-527.
- Black, R. y P. B. Tinker. 1979. The development of endomycorrhizal root systems. II. Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. *New Phytol.* 83: 401-413.
- Bonfante-Fasolo, P., 1986. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. *En: Powell C. Ll. y Bagyaraj, D. J. (Eds.). VA Mycorrhiza.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 5-33.
- Botello G. J. J., Ferrera-Cerrato, R. y González Chávez, 1993. Respuesta de *Citrus aurantium* L. a la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares utilizando diferentes niveles de inóculo. *Terra* 11: 178-184.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agron. J.* 43: 434-438.
- CETENAL, 1975 a. Carta climática, Tlaxcala, 1:250000. S.P.P., México, D.F.
- CETENAL, 1975 b. Carta edafológica, Tlaxcala, 1:250000. S.P.P., México, D.F.
- CETENAL, 1975 c. Carta topográfica, Tlaxcala, 1:250000. S.P.P., México, D.F.
- Chamizo-Checa ,A., 1993. Asociación micorrízica vesículo-arbuscular en el policultivo maíz-frijol-calabaza en Ixtacuixtla, Tlaxcala. Tesis de Licenciado en Biología Agropecuaria, Departamento de Agrobiología, U. A. T., Tlaxcala, México.
- Cuenca, A. B., 1988. Estudio del potencial de micorrización por endofitos VA y nodulación por *Rhizobium* que se asocian al huaje rojo (*Leucaena esculenta*) en suelos del estado de Oaxaca. Tesis de Licenciatura, ENEP, Iztacala, Tlanepantla Edo. de México.
- Daft, M. J. y T. H. Nicolson, 1972. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. IV. Quantitative relationships between the growth of the host and the development of endophyte in tomato and maize. *New Phytol.* 71: 287-295.

- Daft, M. J., E. Hacskeylo y H. Nicolson, 1975. Arbuscular mycorrhizas in plants colonizing coal spoil in Scotland and Pennsylvania. *En: Sanders, F. E., B. Mosse y P. B. Tinker (Eds.). Endomycorrhizas. Academic Press. Londres, pp. 561-580*
- Daniels, B. A. y H. D. Skipper, 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *En: Schenck, N. C. (Ed.). Methods and principles of mycorrhiza research. St. Paul Minnesota, pp. 29-35.*
- Daniels, B. A. y J. M. Trappe, 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia* 72: 457-471.
- Dhillon, S. S., 1992. Evidence for host-mycorrhizal preference in native grassland species. *Mycol. Res.* 96: 359-362.
- Dhillon, S. S., R. C. Anderson y A. E. Liberta, 1988. Effect of fire on the mycorrhizal ecology of little bluestem (*Schizachyrium scoparium*). *Can. J. Bot.* 66: 706-713.
- Dowding, E. S. 1959. Ecology of *Endogone*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 42: 449-457.
- Ehrlich, P. y A. Ehrlich, 1970. "Population, resources, environment", *Human Ecology.*, W. H. Freeman & Co., San Francisco.
- Elliott, E. T. y D. C. Coleman, 1988. Let the soil work for us. *Ecol. Bull.* 39: 23-32.
- Estrada-Torres, A., L. Varela, L. Hernández-Cuevas y M. E. Gavito, 1992. Algunos hongos micorrízicos arbusculares del estado de Tlaxcala, México. *Rev. Mex. Mic.* 8: 85-110.
- Everitt, B. S., 1977. *The Analysis of Contingency Tables*. Chapman and Hall, Nueva York.
- Ferrera-Cerrato, R. y S. A. Macedo, 1981. Susceptibilidad de dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) a 7 especies de hongos endomicorrízicos vesículo arbusculares. *XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, San Luis Potosí, pp. 477-479.*
- Fitter, A. H., 1989. The role and ecological significance of vesicular-arbuscular mycorrhizas in temperate ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 29: 137-151.
- Furlan, V. y J. A. Fortin, 1973. Formation of endomycorrhizae by *Endogone calospora* on *Allium cepa* under three different temperature regimes. *Nat. Can.* 100: 467-477.
- Furlan, V. y J. A. Fortin, 1977. Effect of light intensity on the formation of vesicular-arbuscular endomycorrhizas on *Allium cepa* by *Gigaspora calospora*. *New Phytol.* 79: 335-340.
- Garbaye, J., 1991. Biological interactions in them mycorrhizosphere. *Experientia* 47: 370-375.
- García-Romera, I., J. A. Miquel y J. A. Ocampo, 1988. Effect of Cyanazine herbicide on VA mycorrhizal infection and growth of *Pisum sativum*. *Plant Soil* 107: 207-210.
- Gavito, M. E. y L. Varela, 1990. Abundancia y efectividad de hongos micorrízicos vesículo-arbusculares en suelos cultivados con maíz en el estado de Morelos. *Rev. Mex. Mic.* 6: 259-269.

- Gavito, M. E. y L. Varela, 1993. Seasonal dynamics of mycorrhizal associations in maize fields under low input agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 45: 275-282.
- Gemma, J. N., R. E. Koske and M. Carreiro, 1989. Seasonal dynamics of selected species of V-A mycorrhizal fungi in a sand dune. *Mycol. Res.* 92: 317-329.
- Gerdemann, J. W. y T. H. Nicolson, 1963. Spore of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Gerdemann, J. W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 6: 397-418.
- Gerschefske, K. D., B. A. D. Hetrick y G. W. Thompson, 1987. Sporulation of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi nonsterile soil. *Mycologia* 79: 896-899.
- Gianinazzi, S. y V. Gianinazzi-Pearson, 1990. Analysis of molecular language and gene expression in V. A. endomycorrhizal symbiosis, in approach toward selective host plant management of fungal infection. *Proceedings of the eight North American Conference on Mycorrhizal*, pp. 145-153
- González-Chávez, M. C. y R. Ferrera-Cerrato, 1996. Manejo de la endomycorriza V-A en cinco portainjertos de cítrico. En: Pérez Moreno, J. y R. Ferrera-Cerrato (Eds.) *Avances De Investigación, Área De Microbiología De Suelos*. PROEDAF- Instituto De Recursos Naturales, Colegio De Postgraduados, pp. 77-90.
- Graham, J. H., 1986. *Citrus* mycorrhizae: potential benefits and interactions with pathogens. *Hort Science* 21: 1302-1306.
- Graham, J. H., R. T. Leonard y J. A. Menge, 1981. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiol.* 68: 548-552.
- Graw, D., 1979. The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 82: 687-695.
- Griffin, D. H., 1981. *Fungal Physiology*. John Willey y Sons, Nueva York.
- Guzmán-Plazola, R. A., Ferrera-Cerrato, R. y G. J. Bethlenfalvay, 1993. Efecto de la endomycorriza V-A en maíz y frijol sembrados solos o asociados en condiciones de campo. *Terra* 116: 185-192.
- Harley, J. L. y S. E. Smith, 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Londres.
- Hayman, D. S., 1970. Endogone spore numbers in soil and vesicular arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 54: 53-63.

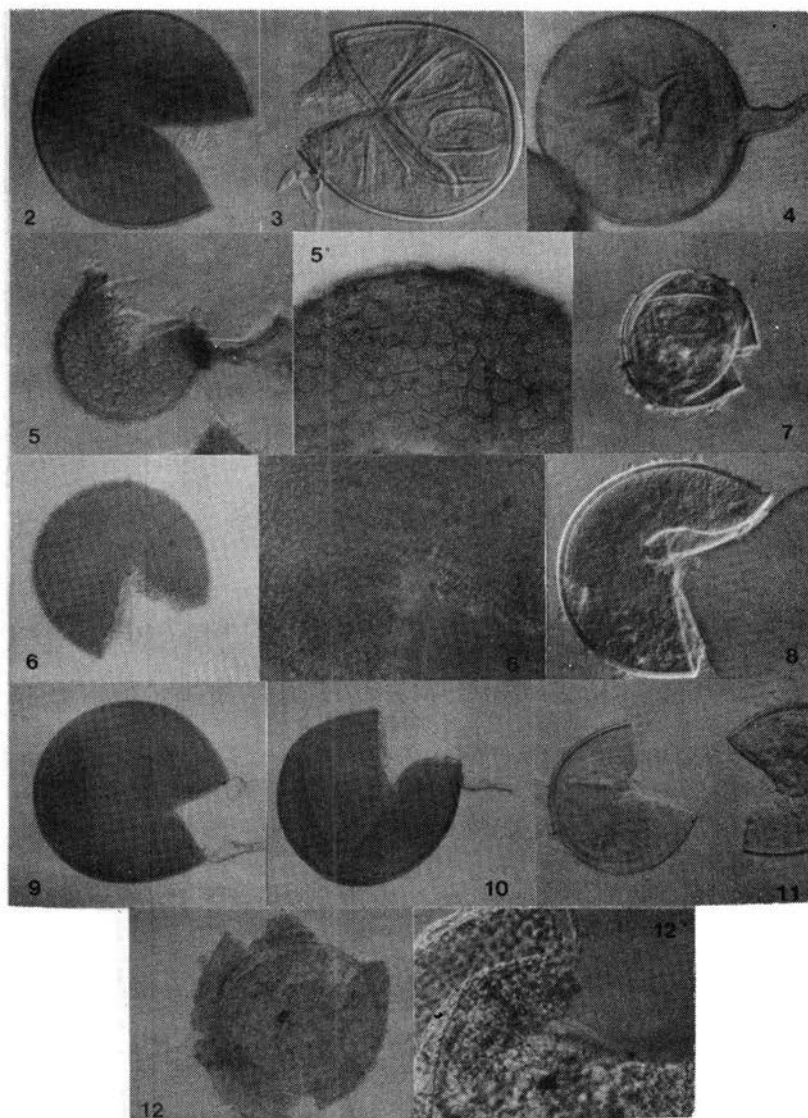
- Hayman, D. S., 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. *En: Sanders F. E., B. Mosse y P. B. Tenker (Eds.). Endomycorrhizas.* Academic Press, London, pp. 495.
- Hayman, D. S., 1982. Practical aspects of vesicular arbuscular mycorrhiza. *En: S. Rao (Ed.). Advances in agricultural microbiology.* New Delhi. Oxford & IBH Publ, pp 325-373.
- Hayman, D. S., 1987. VA mycorrhizas in field crop systems. *En: Safir, G. R. (Ed). Ecophysiology of VA mycorrhizal Plants.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 171-192.
- Hayman, D. S., Johnson, A. M. y I. Ruddlesdin, 1975. The influence of phosphate and crop species on *Endogone* spores and vesicular-arbuscular mycorrhiza under field conditions. *Plant Soil 43: 489-495.*
- Hayman, D. S. y G. E. Stovold, 1979. Spore populations and infectivity of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in New South Wales. *Aust. J. Bot. 27: 227-233.*
- Haynes, R. J., 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. Agron. 33: 227-261.*
- Hawksworth D. L., P. M. Kirk, B. C. Sutton y D. N. Pegler. 1995. *Dictionary of the fungi.* 8a. ed. Cab International. Wallingford, Oxon.
- Hepper, C. M. y G. A. Smith, 1976. Observations on the growth of *Endogone* spores. *Trans. Br. Mycol. Soc. 66: 189-194.*
- Hetrick, B. A. D., K. Gerschevske y G. W. Thompson, 1986. The influence of phosphorus fertilization, drought, fungal species and soil microorganisms on mycorrhizal growth response in tallgrass prairie plants. *Can. J. Bot. 64: 1199-1203.*
- Houba, V.J.G., van der Lee, J.J., Novozamsky, I. y I. Walinga, 1989. *Soil and Plant Analysis. Part 5 Soil Analysis Procedures.* Department of Soil Science and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda.
- Jasper, P. A., A. D. Robson y L. K. Abbott, 1979. Phosphorus and the formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Soil Biol. Biochem. 11: 501-505.*
- Johnson, N. C., F. L. Pflieger, R. K. Crookston, S. R. Simmons y P. J. Copeland, 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizas respond to corn and soybean cropping history. *New Phytol. 117: 657-663.*
- Johnson, N. C., D. Tilman y D. Wedin, 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. *Ecology 73: 2034-2042.*

- Johnson, N. C. y F. L. Pfleger, 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. *En: Bethlenfalvay, J. G. y R. G. Linderman (Eds.). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA Special Publication 54, Madison, WI, USA, pp. 71-99.*
- Khan, A. H. 1974. The occurrence of mycorrhizas in halophytes and xerophytes and of *Endogone* spores in adjacent soils. *J. Gen. Microbiol. 81: 7-14.*
- Kormanik, P. P., W. C. Bryan y R. C. Schultz, 1980. Increasing endomycorrhizal fungus inoculum in forest nursery soil with cover crops. *S. J. Appl. For. 4: 151-153.*
- Kruckelmann, H. W., 1975. Effects of fertilizers, soils, soil tillage, and plant species on the frequency of *Endogone* chlamydozoospores and mycorrhizal infection in arable soils, *En: Sanders, F. E., B. Mosse y P. B. Tenker (Eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, Londres, pp. 511-525.*
- Kurle, E. J. y F. L. Pfleger, 1994. The effects of cultural practices and pesticides on VAM fungi *En: Pfleger F. L. y R. G. Linderman (Eds.). Mycorrhizae and Plant Health. APS Press. pp.101-131.*
- Lambert, D. H. y Jr. H. Cole, 1980. Effects of mycorrhizae on establishment and performance of forage species in mine spoil. *Agron. J. 72: 257-260.*
- Land, S. y F. Schönbeck, 1991. Influence of different soil types on abundance and seasonal dynamics of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils of North Germany. *Mycorrhiza 1: 39-44.*
- Lindermann, R. G., 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. *Phytopathology 78: 366-371.*
- López-Sánchez, M. E. y M. Honrubia, 1992. Seasonal variation of vesicular-arbuscular mycorrhizae in eroded soils from southern Spain. *Mycorrhiza 2: 33-39.*
- Mason, D. T., 1964. A survey of numbers of *Endogone* spores in soil cropped with barley, raspberry and strawberry. *Hort. Res. 4: 98-103*
- Menge, J. A., 1983. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot. 61: 1015-1024.*
- Menge, J. A., 1984. Inoculum production. *En: Powell, C. L. y D. J. Bagyaraj (Eds.). VA Mycorrhiza. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 188-199.*
- McGraw, A. C. y J. W. Hendrix, 1984. Host and soil fumigation effects on spore population densities of species of endogonaceous mycorrhizal fungi. *Mycologia 76: 122-131.*
- McGraw, A. C. y J. W. Hendrix, 1986. Influence of soil fumigation and source of strawberry plants on population densities of spores and infective propagules of endogonaceous mycorrhizal fungi. *Plant Soil 94: 425-434.*

- Miller, R. M. y J. D. Jastrow, 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. *En: Bethlenfalvay, J. G. y R. G. Linderman (Eds.). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Special Publication 54, Madison, WI, USA, pp. 29-44
- Mosse, B., 1975. Specificity in VA mycorrhizas, *En: Sanders, F. E., B. Mosse y P. B. Tenker (Eds.). Endomycorrhizas*. Academic Press, Londres, pp. 469-493.
- Mosse, B. y G. D. Bowen, 1968. The distribution of Endogone spores in some Australian and New Zealand soils and in the experimental field soil at Rothamsted. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 51: 485-492.
- Morton, J. B. 1987. Effects of mountants and fixatives on wall structure and Melzer's reaction in spores of two *Acaulospora* species (Endogonaceae). *Mycologia* 78: 787-794.
- Morton, J. B. and G. L. Benny, 1990. Revised classification of arbuscular-mycorrhizal fungi (Zygomycetes). A new suborder, Glomineae y Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.
- Nava-Gutiérrez, Y., 1994. Población de hongos micorrízicos arbusculares en tepetates recuperados para uso agrícola. Tesis de Licenciado en Biología Agropecuaria, Departamento de Agrobiología, U. A. T., Tlaxcala, México.
- O'Neill, E. G., R. V. O'Neill y R. J. Norby, 1991. Hierarchy theory as a guide to mycorrhizal research on large-scale problems. *Environ. Pollu.* 73: 271-284.
- Palacios, S., C. Salinas y K. Shimada, 1986. Incremento en el crecimiento y en la absorción de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.) como respuesta a la micorriza vesículo arbuscular, en un suelo de origen volcánico. *Rev. Lat-amer. Microbiol.* 28: 303-311.
- Palacios, S., K. Shimada y C. Salinas, 1987. Efecto de las inoculaciones de dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con cuatro hongos endomicorrízicos, en un suelo muy deficiente en fósforo. *Rev. Lat-amer. Microbiol.* 29: 329-336.
- Palmer G. R. y F. R. Troeh, 1979. *Introducción a la ciencia del suelo*, Manual de laboratorio. Editor S. A. México.
- Pankow, W., T. Boller y A. Wiemken, 1991. Structure, function and ecology of the mycorrhizal symbiosis. *Experientia* 47: 311-312.
- Pellet, D. y E. Sieverding, 1986. Host preferential multiplication of fungal species of the Endogonaceae in the field, demonstrated with weeds. *En: Gianinazzi-Pearson, V. y S. Gianinazzi (Eds.). Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. Mycorrhiza: Physiology and Genetics*. INRA, pp. 555-557.
- Pérez, Y. y N. C. Schenck, 1990. A unique code for each species of VA Mycorrhizal fungi. *Mycologia* 82: 256-260.

- Powell, C. Ll. y D. J. Bagyaraj, 1986. VA Mycorrhizae: why all the interest?. *En: Powell C. Ll. y D. J. Bagyaraj (Eds.). VA Mycorrhiza*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. pp.
- Redhead, J. F. 1975. Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: Some aspects of the ecology of the endotrophic mycorrhizal association of *Khaya grandifolia* C. D. D. *En: Sanders F. E., B. Mosse y P. B. Tenker (Eds.). Endomycorrhizas*. Academic Press, Londres, pp. 447-459.
- Ross, J. P., 1980. Effect of nontreated field spill on sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathology* 70: 1200-1205.
- Saif, S. R., 1981. The influence of soil aeration on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Effect of soil oxygen on the growth and mineral uptake of *Eupatorium odoratum* L. inoculated with *Glomus macrocarpus*. *New Phytol.* 88: 649-659.
- Sainz M. J. and J. Arines, 1988. Effect of indigenous and introduced vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth and phosphorus uptake of *Trifolium pratense* and inorganic phosphorus fractions in a cambisol. *Biol. Fert. Soils* 6: 55-60.
- Salinas, J. G., J. I. Sanz y E. Sieverding, 1985. Importance of VA mycorrhizae for phosphorus supply to pasture plants in tropical Oxisols. *Plant Soil* 84: 347-360.
- Schenck, N. C. y R. A. Kiloch, 1980. Incidence of mycorrhizal fungi on six field crops in monoculture on a newly cleared woodland site. *Mycologia* 72: 445-456.
- Schenck, N. C. y Y. Pérez, 1990. *Manual for the Identification of VA mycorrhizal fungi*. INVAM. Univ. of Florida, Gainesville, FL.
- Sieverding, E., 1987. V-A mycorrhizae in soils under cultivation in Tropical America, *En: Transaction of the Congress of International Society of Soil Science*. Aumburg VI: XIII, pp. 840-852.
- Sieverding, E., 1989. Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 29: 369-390
- Sieverding, E. y D. E. Leihner, 1984. Effect of herbicides on population dynamics of VA-Mycorrhiza with Cassava. *Angew. Botanik* 58: 283-294.
- Smith, S. E., J. B. Nichola y Smith, 1974. Effect of early mycorrhizal infection on nodulation and nitrogen fixation in *Trifolium subterraneum*. *Aust. J. Plant Physiol.* 6: 305-316.
- St. John, T. V., 1980. Root size, root hair and mycorrhizal infection: re-examination of Baylis's hypothesis with tropical trees. *New Phytol.* 84: 483-491.
- Struble, J. E. y H. D. Skipper, 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal spore production as influenced by plant species. *Plant Soil* 109: 277-280.

- Sutton, J. C. and G. L. Barron, 1972. Population dynamics of *Endogone* spores in soil. *Can. J. Bot.* 50: 1909-1914.
- Trappe, J. M., 1981. Mycorrhizae and productivity of arid and semiarid rangelands. *En: Manassah J. T. y E. J. Briskey (eds.). Advances in food producing systems for arid and semiarid lands.* Academic Press, Nueva York.
- Wilson, J. M. 1984. Comparative development of infection by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 97: 413-426.
- Wilson, J. M. y I. C. Tommerup, 1985. Interactions between fungal symbionts: VA mycorrhizae. *En: Allen M. F. (Ed.). Mycorrhizal Functioning, An Integrative Plant-Fungal Process.* Chapman & Hall, Nueva York, pp. 199-248.



Figuras 2-12. 2: *Acaulospora laevis* (125 X). 3: *Scutellospora dipurpurascens* (125 X). 4: *Glomus mosseae* (125 X). 5: *Acaulospora bireticulata* (125 X). 5°: ornamentación de *A. bireticulata* (250 X). 6: *Acaulospora* sp. (125 X). 6°: ornamentación de *Acaulospora* sp. (250 X). 7: *Acaulospora delicata* (125 X). 8: *Glomus etunicatum* (125 X). 9: *Gigaspora gigantea* (62.5 X). 10: *Gigaspora margarita* (62.5 X). 11: *Acaulospora mellea* (125 X). 12: *Acaulospora appendicula* (62.5 X). 12°: ornamentación de *A. appendicula* (125 X).