

OCE-308



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
*UNAM*



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.

Bibl. Central.

001-00322-G1-1993

72 pág.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE  
ESPORAS DE HONGOS MICORRIZICOS  
ARBUSCULARES EN UNA SELVA  
HUMEDA TROPICAL

1993

TESIS

Que para obtener el Título de

B I O L O G O

P R E S E N T A

PATRICIA GUADARRAMA CHAVEZ

000194009

## RESUMEN

Se realizó un estudio con esporas de hongos micorrícicos arbusculares en la selva húmeda tropical de "Los Tuxtlas", Ver. para evaluar su abundancia y distribución dentro de la dinámica del ecosistema. Se realizaron muestreos en tres ambientes: selva con dosel cerrado, claro y en un árbol remanente en la zona de pastizales, y en tres épocas: secas, lluvias y nortes. Las esporas fueron aisladas del suelo por el método de tamizado húmedo y decantación de Gerdemann & Nicolson (1963), adaptado por Daniels & Skipper (1983), para la realización de conteos e identificación de las especies.

Los resultados indican la presencia de 18 especies. El sitio que presentó la mayor cantidad de esporas durante las tres épocas de muestreo fué el árbol remanente. En los sitios de selva y claro la riqueza de especies fué mayor, aunque el número de esporas presentes está muy por debajo de lo encontrado en el árbol de pastizal.

La mayor cantidad de especies y de esporas se presentó en la época de secas disminuyendo drásticamente con las lluvias.

Los resultados señalan que los cambios estacionales son relevantes en la actividad de los hongos micorrícicos, ya que están regulados por la fenología de la raíz.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Generalidades de las micorrizas arbusculares .....	4
1.1.1. Desarrollo de la asociación micorrízica arbuscular....	5
1.2. Importancia de las micorrizas arbusculares en ecosistemas tropicales.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
3. ANTECEDENTES.....	10
3.1. Ecología de hongos micorrízicos arbusculares.....	10
3.2. Estudio de hongos micorrízicos arbusculares en los trópicos .....	11
3.3. Estudios de hongos micorrízicos arbusculares en México..	14
4. ZONA DE ESTUDIO.....	16
4.1. Localización.....	16
4.2. Geología.....	16
4.3. Suelos.....	18
4.4. Clima.....	20
4.4.1. Circulación atmosférica.....	20
4.4.2. Temperatura.....	22
4.4.3. Precipitación.....	22
4.5. Vegetación.....	23

5. METODOLOGIA.....	25
5.1. De campo.....	25
5.2. De laboratorio.....	26
5.3. Análisis de resultados.....	28
6. RESULTADOS.....	29
7. DISCUSION.....	42
7.1. Especies de hongos micorrízicos arbusculares presentes..	42
7.2. Abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares .....	42
7.3. Distribución de esporas de hongos micorrízicos arbusculares .....	45
7.4. Influencia de la perturbación en la abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares.....	46
7.5. Ciclo anual de los hongos micorrízicos arbusculares.....	47
8. CONCLUSIONES.....	50
9. LITERATURA CITADA.....	58
APENDICE.....	73

## 1. INTRODUCCION

La raíz es esencial en el crecimiento y sobrevivencia de las plantas; sus principales funciones son: absorción de agua y nutrimentos minerales, sostén, soporte físico, y almacenamiento (Esau, 1965; Russell, 1977, en Brundrett, 1991).

En la vecindad inmediata de la raíz, existe una zona de interacción entre las plantas y los microorganismos llamada **rizósfera**, cuya importancia radica en que es aquí donde se encuentran los detritus, que son el suministro principal de energía de la microfauna del suelo, por lo que se considera que estos microorganismos determinan en gran medida la actividad de la planta (Richards, 1985).

Dentro de esta zona, la interacción entre plantas y microorganismos afecta la fertilidad del suelo y, por lo tanto, a nivel de ecosistema esto tiene repercusiones en el flujo de energía, la productividad primaria y el ciclo de nutrimentos (Richards, 1985).

Los organismos microbianos asociados a la raíz, al degradar la materia orgánica, llevan a cabo la fijación de  $N_2$ , la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, la solubilización de elementos minerales nutrimentos de la planta y la protección frente a ciertos fitopatógenos (Barea, 1988).

Tales organismos han sido llamados mutualistas, entre los cuales sobresale la asociación entre las raíces de la planta y ciertos hongos del suelo, conocida como micorriza (Gr. *mukus*, hongo; *rhiza*, raíz) (Gerdemann, 1968).

En esta asociación mutualista (Allen, 1991), descrita como una interacción +/+ (Tabla 1), las especies involucradas se benefician mutuamente, ya que presentan una mayor adecuación, crecimiento o desarrollo que en ausencia de alguna de ellas. El hospedero incrementa su eficiencia en la absorción de nutrimentos, principalmente fósforo de la solución edáfica, mientras que, el hongo obtiene directamente compuestos de carbono que utiliza para su metabolismo. Esta asociación tiene un papel clave en la evolución y sobrevivencia de las plantas y representa una contribución importante en la producción vegetal basada en el ciclaje de fósforo y otros nutrimentos (Barea *et al.*, 1984; Begon *et al.*, 1988; Boucher *et al.*, 1982; Harley & Smith, 1983; Hayman, 1970; Hayman *et al.*, 1975). Además, afecta la adecuación de las especies (crecimiento o sobrevivencia y reproducción) (Janos, 1975, 1980a, 1992), así como influye también en la competencia de las plantas según su dependencia micorrízica, lo cual durante el proceso sucesional implica el cambio en la composición de especies de plantas, así como alteraciones en el suelo y en el ciclo de nutrimentos (Allen, 1991; Janos, 1980a).

Tabla 1. Tipo de simbiosis entre organismos. deBary (1987), en Allen (1991).

E s p e c i e  2	Especie 1		
	+	0	-
	+ Mutualismo	Comensalismo	Parasitismo
	0 Comensalismo	Neutralismo	Amensalismo
	- Parasitismo	Amensalismo	Antagonismo

Las micorrizas han sido clasificadas dependiendo del tipo de integración morfológica existente entre los simbioses y los hospederos. De esta forma, existen las arbusculares, ectomicorrizas, ectendomicorrizas, arbutoides, monotropoides, ericoides y orquidáceas (Allen, 1991; Gerdemann, 1968; Harley & Smith, 1983).

El presente trabajo se centra en la micorriza arbuscular (MA), la cual tiene gran importancia en comunidades de plantas en suelos tropicales (Allen, 1991; Harley & Smith, 1983; Jackson, 1984; Janos, 1980a).

### 1.1. Generalidades de las micorrizas arbusculares

Los hongos Zygomycetes que forman micorrizas arbusculares, cuentan con cerca de 150 especies, las que se incluyen dentro del orden Glomales con dos subórdenes, el Glomineae con la familia Glomaceae (géneros *Glomus* y *Sclerocystis*) y la familia Acaulosporaceae (géneros *Acaulospora* y *Entrophospora*), y por otra parte, el Gigasporineae con la familia Gigasporaceae (géneros *Gigaspora* y *Scutellispora*), (Morton & Benny, 1990).

### 1.1.1. Desarrollo de la asociación micorrízica arbuscular

El desarrollo de infección micorrízica arbuscular se presenta en una amplia gama de hospederos; la mayor parte de Angiospermas y Gimnospermas, así como Pteridofitas y Briofitas (Gerdemann, 1968; Harley & Smith, 1983; Newman & Reddell, 1987).

Allen (1991), señala cuatro factores que afectan la infección micorrízica: la compatibilidad genética entre el hongo y el hospedero, los factores edáficos, la actividad planta-microbio y la densidad de inóculo. Por otra parte, Barea (1988) menciona cinco pasos importantes en la formación de micorrizas arbusculares:

- 1) Activación de los propágulos del hongo presentes en el suelo.
- 2) Estimulación de los micelios formados cuando alcanzan la rizósfera de una planta susceptible.
- 3) Unión de la hifa infectiva a la superficie de la raíz y formación de los primeros puntos de penetración del hongo.
- 4) Progreso de la infección en la raíz.
- 5) Crecimiento del micelio externo en el suelo que la circunda.

Los procesos señalados en los puntos 1,2 y 3 forman la fase de preinfección o extramatricial y los puntos 4 y 5 son los correspondientes a la fase de desarrollo de la micorriza o intraradical (Figura 1).

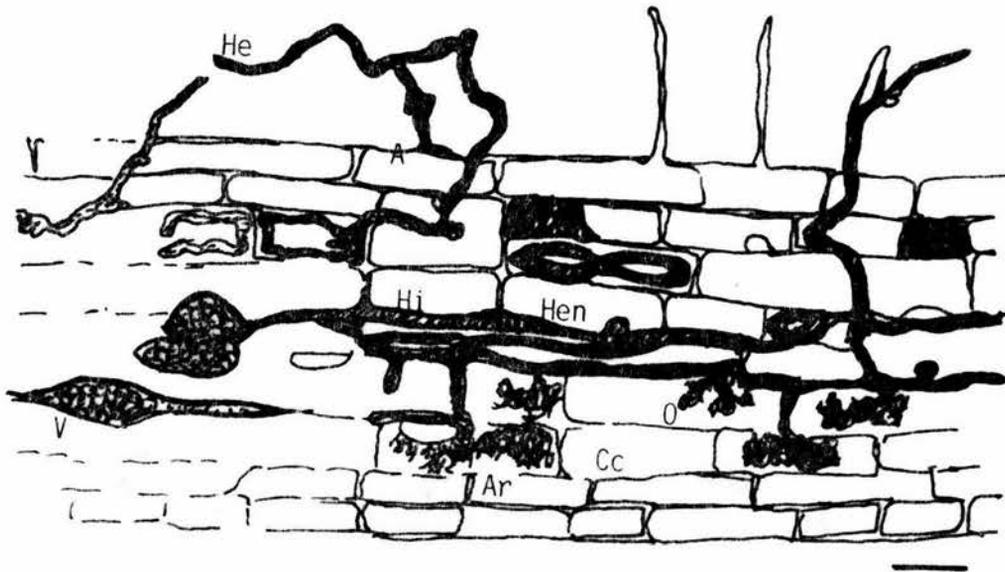


Figura 1. Esquema de las fases de infección de los hongos micorrízicos arbusculares en una raíz. He=Hifa extramatricial, A=Apresorio, Hen=Hifa enroscada, Hi=Hifa intercelular, O=Ovillo, V=Vesícula, Cc=Células corticales, Ar=Arbúsculo. Tomado de Bonfante-Fasolo (1984).

## 1.2. Importancia de las micorrizas arbusculares en ecosistemas tropicales

Las selvas húmedas son ecosistemas tropicales que presentan altas tasas de producción de materia orgánica (Alvarez-Sánchez, 1991; Gilbert, 1980; Janos, 1988; Medina & Cuevas, 1989; Murphy, 1975) y de descomposición, lo cual implica mecanismos eficientes de absorción de nutrimentos para evitar la lixiviación que resulta de las lluvias constantes (Janos, 1975; Jordan, 1986; Medina & Cuevas, 1989).

Went & Stark (1968) proponen un mecanismo de toma de nutrimentos en selvas oligotróficas donde las micorrizas arbusculares juegan un papel esencial, ya que por medio de ellas existe una transferencia directa de los elementos de la materia en descomposición a las raíces, concretamente de fósforo. Por su parte, Diem *et al.* (1981) y Janos (1975, 1980a, 1980b) apoyan esta idea, afirmando que por ende son importantes en el crecimiento de las plantas.

Las selvas están sujetas continuamente a perturbaciones, que por su tipo, frecuencia y magnitud determinan la composición y estado sucesional de las plantas involucradas (Kozlowski *et al.* 1991). En este contexto, Janos (1980a) señala que las especies dominantes durante los primeros estadios sucesionales, especies rápidas colonizadoras, son no-microtróficas ya que en dichos estadios aumenta la concentración de minerales en solución en el suelo mientras que en etapas sucesionales más avanzadas se

presentan las especies micotróficas facultativas que son mejores competidoras que las primeras. Los árboles de las comunidades tropicales maduras con un dosel cerrado ya desarrollado son altamente dependientes de micorrizas, ya que eso les confiere, hasta cierto grado, ventaja competitiva (Ferrer & Herrera, 1988).

Una comunidad madura presenta una dinámica que implica la muerte de individuos maduros y su reemplazamiento por individuos jóvenes de su misma o distinta especie, dicho proceso lleva al mantenimiento de la comunidad madura y se conoce como regeneración.

El éxito de la regeneración dependerá, por un lado, de la capacidad de las plántulas en la captura de recursos para crecimiento que asegure espacio, así como del vigor necesario para resistir pestes y patógenos y sobrevivir en condiciones ambientales extremas, beneficios que obtendrán con la infección micorrízica (Perry *et al.*, 1987).

## 2. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Describir la abundancia espacial y temporal de las esporas de hongos micorrízicos arbusculares en la selva tropical húmeda.

### OBJETIVO PARTICULAR

Determinar la abundancia espacial de las esporas de hongos micorrízicos arbusculares en tres ambientes: dosel cerrado (selva), claro y en un árbol remanente en la zona de pastizales, así como temporalmente (secas, lluvias y nortes).

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Ecología de hongos micorrízicos arbusculares

Como primer paso para hacer trabajos de ecología de micorrizas es necesario determinar la distribución y la abundancia de los endofitos con relación a las características del sitio de estudio, resultando indispensable la identificación de las especies de hongos micorrízicos arbusculares nativos (Gavito, 1991).

Una estimación de la abundancia de los hongos micorrízicos arbusculares se logra al medir algunos de los siguientes parámetros: longitud de la raíz micorrizada, longitud de la hifa en el suelo, número de esporas, número de propágulos infectivos e infectividad en la población (Abbott & Robson, 1991).

Las esporas son consideradas como los propágulos más importantes de los hongos micorrízicos arbusculares por su resistencia a condiciones adversas (Abbott & Robson, 1990). En el caso del conteo de esporas se debe considerar que aunque es relativamente fácil llevarlo a cabo, existen factores difíciles de controlar que influyen en estudios que utilizan esta metodología, como son: la viabilidad de las esporas, la esporulación edáfica dependiente (Abbott & Robson, 1991), la quiescencia y/o la latencia (Brundrett, 1991).

Los factores que afectan la abundancia y distribución de las esporas de los hongos micorrízicos arbusculares son: las propiedades del suelo (Abbott & Robson, 1990; Sieverding, 1989), la vegetación (Abbott & Robson, 1991; Sieverding, 1989; St. John & Coleman, 1983), la perturbación (Abbott & Robson, 1991; Allen, 1991; Brundrett, 1991; Gemma & Koske, 1990; Janos, 1980a, 1984; Koske & Gemma, 1990; ), la variación climática (Abbott & Robson, 1990; Brundrett, 1991; Janos, 1980b; Hayman, 1970), la predación (Brundrett, 1991; Janos, 1980a, 1984; St. John & Coleman, 1983), y la dispersión (Janos 1980a, 1983, 1984; Mc Ilveen & Cole, 1976).

### 3.2. Estudio de hongos micorrízicos arbusculares en los trópicos

Al hacer una recapitulación de los trabajos existentes sobre esporas de hongos micorrízicos arbusculares en los trópicos, tanto en sistemas naturales como cultivados, se encuentran *Glomus*, *Sclerocystis* y *Acaulospora* como los géneros más frecuentemente reportados (Tabla 2).

De los trabajos que contemplan la cuantificación de esporas, la mayor cantidad se reportan para sitios de cultivo, pastizales y zonas de vegetación secundaria (Tabla 3).

Tabla 2. Géneros de hongos micorrízicos arbusculares reportados para sistemas tropicales. Además se incluye

Tabla 2. Géneros de hongos micorrízicos arbusculares reportados para sistemas tropicales. Además se incluye el trabajo de Read et al. (1976) para un pastizal de Inglaterra.

AUTOR	ESPECIE REPORTADA	SITIO
Read et al. (1976)	<i>Glomus</i> spp <i>G. macrocarpus</i>	Pastizal seminatural, Inglaterra
Diem et al. (1981)	<i>Glomus</i> spp <i>Gigaspora</i> spp <i>Sclerocystis rubiformis</i>	Trópico semi-árido, Senegal
Janos & Trappe (1982)	<i>Acaulospora foveata</i> <i>A. tuberculata</i>	Selva tropical húmeda
Janos (1984)	<i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i> , <i>Glomus</i> <i>Sclerocystis</i>	Selva tropical húmeda
Cortés (1986)	<i>Glomus</i> spp, <i>Sclerocystis</i> sp	Agroecosistema, Veracruz
Ferrer & Herrera (1988)	<i>Glomus microcarpus</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. macrocarpum</i> , <i>G. magnicaule</i> , <i>G. monosporum</i> , <i>Acaulospora laevis</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>A. foveata</i> , <i>A. spinosa</i> , <i>Sclerocystis coremioides</i> , <i>S. clavispora</i> , <i>S. rubiformis</i>	Sierra El Rosario, Cuba
Sieverding (1989)	<i>Acaulospora scrobiculata</i> , <i>A. longula</i> , <i>A. myriocarpa</i> , <i>A. spinosa</i> , <i>A. laevis</i> , <i>Glomus clarum</i> , <i>G. monosporum</i> , <i>G. occultum</i> , <i>G. versiforme</i> , <i>G. mosseae</i> , <i>Scutellospora pellucida</i> , <i>Sclerocystis microcarpus</i> , <i>S. rubiformis</i> , <i>S. sinuosa</i> , <i>S. coccogena</i> , <i>S. coremioides</i> , <i>S. clavispora</i> , <i>Gigaspora margarita</i>	Agroecosistema, Colombia
Cuenca et al. (1990)	<i>Scutellispora calospora</i> , <i>Glomus</i> sp , <i>Acaulospora</i> spp	Cultivo de cacao, Venezuela
Gemma & Koske (1990)	<i>Glomus</i> , <i>Acaulospora</i> , <i>Sclerocystis</i>	Parque Nacional Hawaii
Alvarez et al. (1991)	<i>Glomus glomerulatum</i> , <i>G. intraradix</i> , <i>Sclerocystis</i> spp, <i>Scutellispora aff fulgida</i>	Selva baja caducifolia, México

Tabla 3. Cuantificación de esporas de hongos micorrízicos arbusculares reportadas por diversos autores para zonas tropicales, (e=esporas).

AUTOR	SITIO	NUMERO DE ESPORAS
Janos (1975)	Selva tropical húmeda	2.6 e/400ml suelo
Janos (1975)	Bosque secundario	11.5 e/400ml suelo
Read <i>et al.</i> (1976)	Pastizal seminatural	3600-6700 e/100g suelo
Redhead (1977)	Selva tropical húmeda	2.5 e/100g suelo
Waidyanatha (1980)	Plantación de caucho	1100 e/100g suelo
Schmidt & Scow (1986)	Islas Galápagos	330-3500 e/100g suelo
Ferrer & Herrera (1988)	Sierra El Rosario	100-1000 e/100g suelo
Janos (1992)	Selva tropical húmeda	107 e/100g suelo

### 3.3. Estudios de hongos micorrízicos arbusculares en México

En México, el estudio de los hongos micorrízicos arbusculares en sistemas naturales está en su fase inicial, por lo que la investigación en ecología de micorrizas es escasa.

Existen trabajos importantes donde se está tratando de establecer una colección de esporas de hongos micorrízicos arbusculares, como es el trabajo que realizan Hernández-Cuevas & Varela (1991). Por otro lado, Aguilar *et al.* (1991b), han logrado inducir la germinación de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en ausencia de hospedero, trabajando con *Scutellispora pellucida*, utilizando diferentes tratamientos de desinfección superficial.

También existen estudios sobre la dinámica de los hongos micorrízicos arbusculares en sistemas de cultivo, donde se ha encontrado que altos contenidos de fósforo y la etapa fenológica del cultivo en cuestión propician el decremento del número de esporas (Chamizo-Checa & Varela, 1991). Así mismo la efectividad de cada población de hongos varía según el hospedero de que se trate (Gavito, 1991).

Al referirnos a ecosistemas naturales en México, concretamente en la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco, existen trabajos relevantes que han evaluado el efecto de la adición de fertilización fosfatada en la abundancia de los hongos micorrízicos arbusculares (Álvarez *et al.*, 1991), así como la infección micorrízica y el potencial infectivo del suelo

(Aguilar et al., 1991a); en resumen, los resultados obtenidos indican que cada especie de hongos micorrízicos arbusculares tiene una respuesta diferente a la adición de fósforo así como una disminución en la infección micorrízica en campo. En este ecosistema Huante (1992) determinó que las especies vegetales de selva madura se beneficiaban con la infección micorrízica, en términos de biomasa, tasa relativa de crecimiento y área foliar. Para el caso de especies pioneras no hubo beneficios significativos.

Los reportes sobre la identificación de especies de hongos micorrízicos arbusculares en zonas tropicales son escasos. Schenck & Pérez (1990) hacen algunas descripciones para México incluyendo zonas de Veracruz.

En la selva tropical húmeda de "Los Tuxtlas" existe un sólo trabajo realizado por Pérez & Vázquez-Yánes (1985), el cual reporta la presencia de micorriza arbuscular en especies de *Piper*, encontrando una infección ligera en el campo, con lo que concluyeron que esto se debe a que no hay "strees" nutricional en esta zona de estudio.



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

#### 4. ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

##### 4.1. Localización

La Estación de Biología, constituida por 700 ha aproximadamente de terreno, se encuentra ubicada en la vertiente del Golfo de México al Sureste del estado de Veracruz, enclavada en las estribaciones del Volcán de San Martín casi en el centro de la región denominada "Los Tuxtlas". Se localiza entre los  $95^{\circ}04'$  y  $95^{\circ}09'$  de longitud oeste y los  $18^{\circ}34'$  y  $18^{\circ}36'$  de latitud norte, con una altitud de 150 a 530 msnm (Lot-Helgueras, 1976) (Figura 2).

##### 4.2. Geología

"Los Tuxtlas" es una sierra volcánica compleja y poco estudiada. El área data del Oligoceno al Reciente y se encuentra cubierta por depósitos piroclásticos y derrames de lava con esporádicas ventanas de depósitos marinos del Terciario (Ríos Macbeth, 1952, en García, 1988).

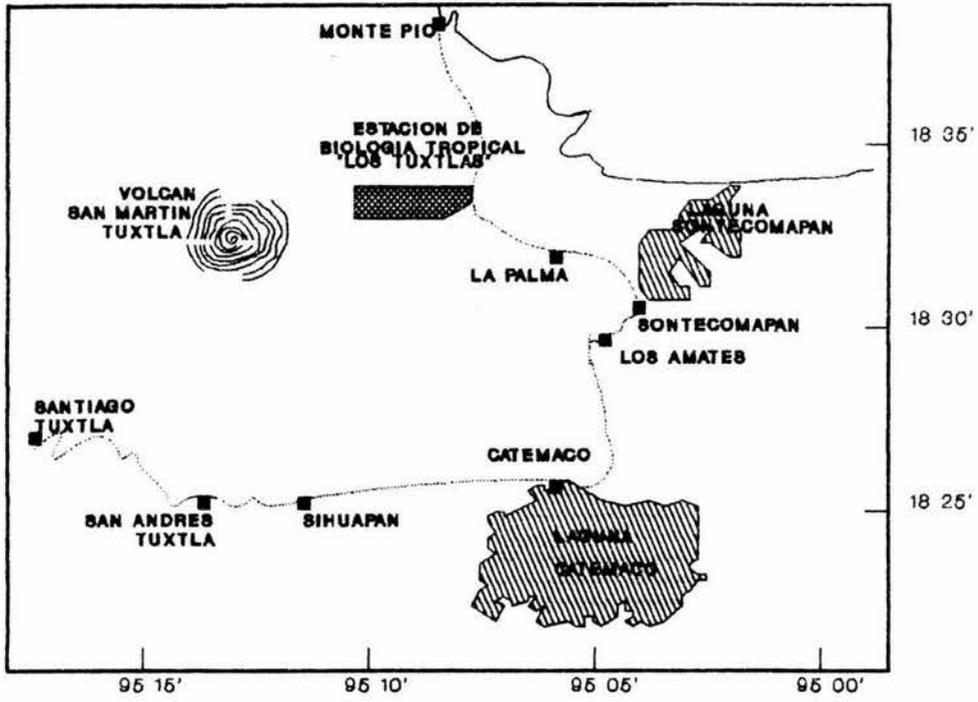


Figura 2. Localización de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Ver. y sus vías de acceso.

El estado morfológico de conservación de la estructura volcánica indica tres períodos de actividad volcánica: el primer evento ocurrió en el Oligoceno, con erupciones intensas y explosivas; el segundo fue en el Plio-pleistoceno, caracterizado por emisiones fluidas de magma con flujos basálticos. Los conos de escoria localizados al noroeste de San Andrés indican la existencia de una tercera fase (Ríos Macbeth, 1952, en García, 1988).

#### 4.3. Suelos

Los estudios de suelos realizados en la región de "Los Tuxtlas" son escasos y contradictorios. Chizón (1984, en Alvarez 1988) menciona que el suelo más abundante es un regosol eútrico con un horizonte orgánico de 5 cm, existiendo gran acumulación de materia orgánica en las capas más superficiales por la pendiente y edad geológica, donde el horizonte mejor representado es el A y ocasionalmente el B.

Por su parte, García (1988) describe 4 grupos de suelo para esta región:

a) Profundo a moderadamente profundo, bien drenado, negro, limo arenoso. Este tipo de suelo es el dominante en el área, se localiza en una altitud de 500 a 1700 m, con profundidad de 70 a 120 cm. Los valores de materia orgánica van de 4 a 10.69% y la coloración es de negro a café muy oscuro. Este tipo de suelo se clasifica como andosol.

b) Superficial, bien drenado, negro, limo arcilloso. Las características de este suelo son similares al anterior y se diferencia solamente en la profundidad, ya que va de 10 a 30 cm. Es llamado andosol poco profundo.

c) Complejo de suelos: profundo, moderadamente profundo y superficial, drenado imperfecto, negro arcilloso. Se encuentra entre 0 y 600 m sobre el nivel del mar, con profundidades de 40 a 90 cm, pH de 6.5 a 7.0 y valores de materia orgánica que varían de 0.72 a 15.5%.

d) Complejo de suelos: profundo, moderadamente profundo y superficial, moderadamente bien a drenado imperfecto, rojizo, limo arenoso. Se encuentra entre 60 y 500 m de altitud; la profundidad varía de más de 30 a 120 cm, con un pH de 6.5 a 7.0 y el nivel de materia orgánica va de 2.91 a 13.57%.

Estudios recientes realizados por el proyecto "Ecología del suelo en la selva tropical húmeda", en el que participan el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias y el Instituto de Geografía de la UNAM, reportan los siguientes resultados: El horizonte A presenta una coloración que va de pardo amarillo a rojizo, con porcentajes de arena del 20-30%, limo de 40-60% y arcilla del 10-12%, la porosidad es media, el pH presente es de 5.0, con baja capacidad de intercambio catiónico y alto porcentaje de materia orgánica (Sommers, com. per.).

#### 4.4. Clima

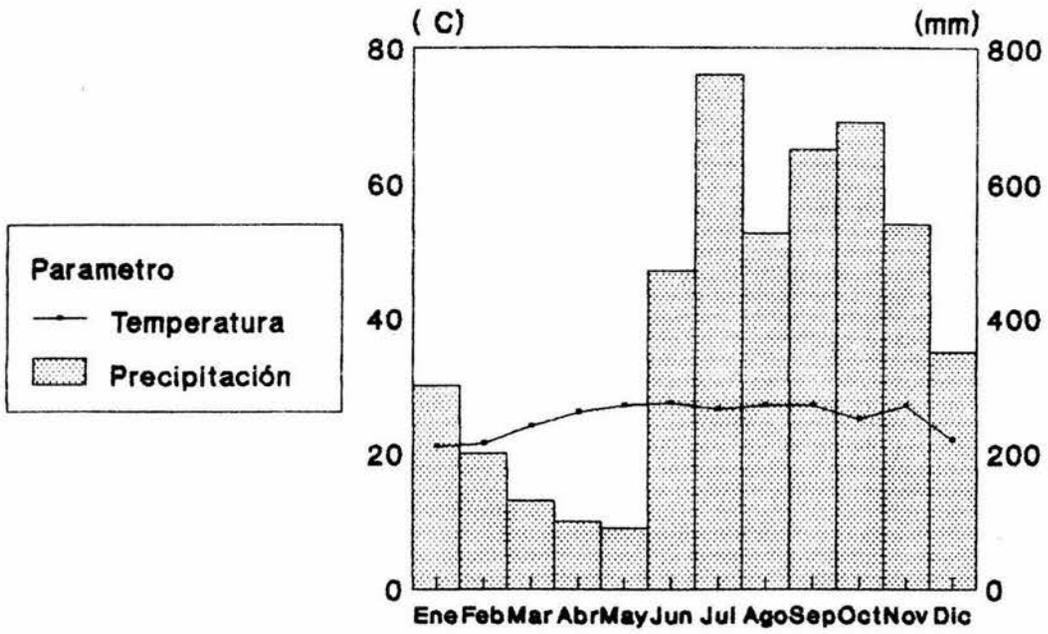
Según la clasificación de Köppen modificada por García (1984), el clima en la región es Af(m)w''(i')g, cálido húmedo con precipitación promedio anual para la Estación de 4700mm y una temperatura media anual de 27°C (Figura 3).

El clima en "Los Tuxtlas" está determinado por la orografía. Es cálido y subhúmedo en planos y templado y húmedo en la cima de las montañas (Sousa, 1968, en García, 1988).

##### 4.4.1. Circulación atmosférica

Esta zona se localiza dentro del área de influencia de los vientos alisios del Hemisferio Norte, con dirección NE a SW. Sin embargo, en promedio anualmente prevalece viento del N, lo que se debe a la posición de la Sierra con respecto a los vientos provenientes del Golfo de México (Soto, 1976).

Las perturbaciones atmosféricas que afectan la zona son: los ciclones tropicales y los "nortes", que son vientos polares con una velocidad promedio de 80 km/h y afectan dicha área de septiembre a febrero (Estrada *et al.*, 1985).



**Figura 3. Climograma de la región de Los Tuxtlas, Ver.**

(Tomado de Alvarez, 1984).

#### 4.4.2. Temperatura

La temperatura media fluctúa alrededor de 24.3°C, la máxima se presenta en el mes de junio (27.1°C) y la mínima en enero (21.1°C). Básicamente, la fluctuación térmica es entre 5°C y 8°C a lo largo del año (Sánchez-Gallén, 1992).

#### 4.4.3. Precipitación

La época de lluvias se presenta en el verano, pero puede extenderse hasta principios de otoño, por la influencia de los "ciclones tropicales" (Soto, 1976).

La distribución de la precipitación está altamente relacionada con la exposición de las laderas y es posible encontrar un mosaico de variaciones. Cerca de la Estación de Biología, el clima es cálido húmedo con un promedio anual de lluvia de 4900 mm. Aunque llueve todo el año, hay una época llamada de "secas" (de marzo a mayo) con una precipitación mensual de 100 mm. La época "lluviosa" (de junio a febrero) tiene un promedio de precipitación de 486 mm/mes (García, 1988).

#### 4.5. Vegetación

El tipo de vegetación presente en la Estación de Biología, se clasifica como selva alta perennifolia (Miranda & Hernández X., 1963). Esta presenta un "mosaico" de vegetación en diferentes etapas sucesionales, sujetas a una elevada tasa de perturbación, predominando etapas sucesionales iniciales influidas por las abruptas pendientes, escasez de suelo y fuerte acción de los vientos (Ibarra, 1985).

Bongers *et al.* (1988) reportaron, para una hectárea estudiada, 234 especies (11208 individuos) de los cuales 55.1% fueron árboles, 9.4% arbustos, 3.4% palmas, 20.1% enredaderas, 6.8% hierbas y 5.1% formas de vida no identificadas; además existen 58 especies de epífitas y hemiepífitas.

La estructura de la comunidad está caracterizada por tres estratos (Flores, 1971; Piñero *et al.* 1977; Carabias, 1979; Bongers *et al.* 1988):

a) El estrato inferior de 0 a 10m de altura, dominado principalmente por *Astrocaryum mexicanum*, *Faramea occidentalis*, *Trophis racemosa*, *T. mexicana* y *Guarea bijuga*.

b) El estrato medio de 10 a 20m de altura donde se encuentran *Pseudolmedia oxyphyllaria*, *Cymbopetalum baillonii*, *Dendropanax arboreus* y *Stemmadenia donnell-smithii*.

c) El estrato superior de 20 a 35m de altura caracterizado por *Nectandra ambigens*, *Poulsenia armata*, *Dussia mexicana* y *Brosimum alicastrum*.

En comunidades secundarias se encuentran frecuentemente *Cecropia obtusifolia*, *Trema micrantha*, *Heliocarpus appendiculatus*, *H. donnell-smithii*, *Ochroma lagopus*, *Piper amalago*, *Myriocarpa longipes* y *Urera caracasana*; y los arbustos *Piper hispidum*, *P. auritum* y *Acalypha* sp. (Flores, 1971; Rico & Gómez-Pompa, 1976; Carabias, 1979; Martínez-Ramos, 1980).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. De campo

Durante los meses de abril, julio y noviembre de 1991, se realizaron muestreos en tres ambientes diferentes: selva con dosel cerrado, claro y en un árbol remanente localizado en un paltizal aledaño a la Estación de Biología.

Se trabajaron dos sitios de selva que no perturbada, uno localizado en la "Hectárea" (SH) y el otro situado en el cerro "El Vigía" (SV), los cuales se ubicaron a un costado y hacia el sur de los edificios de la Estación, respectivamente.

Con respecto a los claros, se seleccionaron dos con un diámetro mayor a 10 m. Los dos constituidos por especies pioneras y cercanos a los sitios de selva, por lo que se trabajó también en la "Hectárea" (CH) y el Cerro "El Vigía" (CV).

Sólo se ocupó un sitio de árbol remanente debido a la lejanía de este con respecto a la Estación de Biología y a que éste en particular, estaba cercado por lo que presentaba gran cantidad de especies pioneras y primarias de selva, cosa que no ocurre con otros árboles remanentes donde el ganado no permite el crecimiento de estas especies.

Se tomaron muestras de suelo utilizando un nucleador (9.5cm de diámetro por 18.9cm de altura) en los primeros 20 cm de profundidad, ya que Sánchez-Gallén (1992) encontró que alrededor del 60% de las raíces con diámetro menor a 5 mm, susceptibles de

ser micorrizadas (Brundrett, 1991), se encuentran entre los 0 y 40 cm de profundidad.

**Zona de selva.** En cada sitio seleccionado, se colocó una cuerda de plástico de 50 m en dirección Norte-Sur, sobre la cual se tomaron 5 muestras de suelo escogidas con números al azar.

**Zona de claros.** Para cada claro se midió el diámetro durante cada colecta. Se colocó una cinta métrica con orientación determinada por azar y se tomaron 5 muestras, 2 en los extremos, 2 en la zona media y una en el centro.

**Zona de pastizal.** En el árbol seleccionado, se colocó una cuerda siguiendo la dirección de la cobertura mayor del árbol; en los dos extremos de esta cobertura se tomaron muestras de suelo además de otras tres al azar a lo largo de la cuerda.

El suelo obtenido se colocó en bolsas negras de plástico que se pusieron a refrigerar para que cualquier organismo que pudiese dañar o depredar las esporas de los hongos micorrízicos arbusculares estuviera inactivo hasta el momento del procesamiento de las muestras en el laboratorio.

## 5.2. De laboratorio

A partir de cada muestra se obtuvieron dos submuestras de 100 g cada una; una fue utilizada para la obtención de esporas y la otra para determinar el peso seco, y de este modo estandarizar la cantidad de esporas obtenidas en 100 g de suelo seco.

El aislamiento de las esporas se realizó por el método de tamizado húmedo y decantación de Gerdemann & Nicolson (1963), adaptado por Daniels & Skipper (1983). Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas en gradientes de densidad de acuerdo al método de Menge (Daniels & Skipper 1983).

Siguiendo lo anterior, el suelo se mezcló con agua y la muestra así obtenida fue pasada, utilizando agua, por tamices de 0.96 mm, 0.5 mm y 0.050 mm en ese orden. Cada tubo de 15 ml fue llenado con 5 ml de glucosa al 60% y de 5 ml de glucosa al 20%. Con el fin de crear un gradiente se añadió primero la glucosa al 20% y posteriormente con mucho cuidado se añadió la de 60%, quedando esta última por debajo de la primera. Los tubos se centrifugaron por 3 minutos a 3000 rpm y el sobrenadante fue colocado en un tamiz de 0.050 mm para luego ser lavado con agua corriente, vertiéndose finalmente en frascos con agua destilada etiquetados que fueron refrigerados.

Debido al tiempo requerido para la realización de cada preparación fija, fue necesario fijar las esporas, para lo cual se utilizó FAA (Formol-Ac. acético-Alcohol) en la siguiente proporción:

- Alcohol etílico al 50% 90 ml
- Acido acético glacial 5 ml
- Formalina comercial 5 ml

Gaviño de la Torre *et al.* (1984).

El montaje de esporas se realizó mediante el método descrito por Schenck & Pérez (1990) y el medio de montaje utilizado fue

PVLG (alcohol polivinílico-ácido láctico-glicerol). Las esporas se aislaron con la ayuda del microscopio estereoscópico y se separaron con una pipeta Pasteur adelgazada, desechando las esporas parasitadas. En cada portaobjetos se vertieron una gota de PVLG y otra de PVLG+Reactivo de Meltzer el cual detecta compuestos amiloides y dextrinoides de la pared de la espora, tiñéndolas de colores que van de amarillo a rosa; en cada gota se colocaron las esporas aisladas. Posteriormente, el cubreobjetos fue puesto sobre cada gota presionando fuertemente, rompiendo algunas paredes de las esporas para su posterior identificación.

### 5.3. Análisis de resultados

Con el fin de determinar los patrones de abundancia y riqueza así como la distribución de individuos entre las especies de esporas de hongos micorrízicos arbusculares tanto espacial como temporalmente se utilizó el Índice de diversidad y de Equitabilidad de Simpson (Begon *et al.* 1988).

Para evaluar estadísticamente las diferencias entre sitios a través del tiempo para la cantidad de esporas y el número de especies presentes se aplicó un análisis de varianza no paramétrico de un factor (prueba de Kruskal-Wallis) (Sokal & Rohlf, 1969; Zar, 1984).

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete STATGRAPHICS.

## 6. RESULTADOS

Se encontró un total de 18 especies de hongos micorrízicos arbusculares, habiendo determinado los géneros: *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* y *Gigaspora* (Tabla 4). De estas especies, sólo 6 fueron identificadas hasta especie, y una resultó ser nueva especie (Ver Apéndice).

Las especies presentes en todos los ambientes estudiados son: *Glomus constrictum* Trappe, *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Glomus* sp.4, *Glomus* sp.6, *Sclerocystis clavispora* Trappe, *Sclerocystis sinuosa* Gerdemann & Bakshi, *Sclerocystis* sp., *Acaulospora spinosa* Walker & Trappe y *Acaulospora scrobiculata* Trappe y ENI1 (Especie No Identificada).

Las especies que se encontraron sólo en algunos de los ambientes estudiados son: *Glomus* sp.3, *Glomus* sp.5, *Glomus* sp.7, *Acaulospora* sp., *Gigaspora rosea* Nicolson & Schenck, *Gigaspora* sp., ENI2 (Especie No Identificada) (Tabla 4).

TABLA 4. Lista de especies identificadas y su presencia en los sitios de estudio, SV=Selva Vigía, SH=Selva Hectárea, CV=Claro Vigía, CH=Claro Hectárea y AR=Arbol remanente de pastizal. Clasificadas por familia según Morton & Benny (1990).

PRESENCIA DE HONGOS MA POR SITIO DE COLECTA					
	SV	SH	CV	CH	AR
GLOMACEAE					
<i>Glomus constrictum</i> Trappe	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp.1	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp.2	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp.3	X		X	X	
<i>Glomus</i> sp.4	X		X	X	X
<i>Glomus</i> sp.5	X	X	X	X	
<i>Glomus</i> sp.6	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp.7	X	X	X	X	
<i>Sclerocystis clavispora</i> Trappe	X	X	X	X	X
<i>Sclerocystis sinuosa</i> Gerdemann & Bakshi	X	X		X	X
<i>Sclerocystis</i> sp.	X		X	X	X
ACAULOSPORACEAE					
<i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe	X	X	X	X	X
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	X	X	X	X	X
<i>Acaulospora</i> sp. (especie nueva)		X	X		
GIGASPORACEAE					
<i>Gigaspora rosea</i> Nicolson & Schenck		X			
<i>Gigaspora</i> sp.		X		X	
ENI1 (especie no identificada)	X	X	X	X	X
ENI2 (especie no identificada)	X				

Con el manual de Schenck & Pérez (1990) se determinó que especies son nuevos registros para México, para zonas tropicales y para pastizales.

Los resultados de este análisis están descritos en la Tabla 5 e indican que las especies ya registradas para México (*Glomus constrictum*, *Sclerocystis clavispora*, *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora scrobiculata* están presentes en Los Tuxtlas, Ver. Mientras que *Sclerocystis sinuosa* está reportada para Cocoyoc, Morelos. Y *Gigaspora rosea* es nuevo registro para la zona tropical en México.

Tabla 5. Registro de especies para México, según el manual de Schenck & Pérez (1990), y según Varela & Vázquez (1989).

Espece	Nuevo registro	Reportada para México	Reportada para selva tropical	Reportada para pastizal
<i>Glomus constrictum</i>		Trappe, 1972	X0	0
<i>Sclerocystis clavispora</i>		Trappe, 1972	X0	X0
<i>Sclerocystis sinuosa</i>		Varela & Vázquez, 1989	0	0
<i>Acaulospora spinosa</i>		Walker & Trappe, 1981	X0	X0
<i>Acaulospora scrobiculata</i>		Trappe, 1977	X0	0
<i>Gigaspora rosea</i>	X		0	

X Especies registradas según el manual de Schenck & Pérez (1990).

0 Especies registradas en los ambientes mencionados en este estudio

La mayor cantidad de especies y de esporas de hongos micorrízicos arbusculares se presentó en la época de "secas" (abril), disminuyendo drásticamente en las "lluvias" (julio), observándose que en la época de "nortes" (noviembre) comenzó un aumento tanto en esporas como en número de especies (Figuras 4 y 5).

La descripción de cada sitio refleja los siguientes resultados:

**Selva Vigía.** Este sitio presenta un total de 15 especies (Tabla 4), sobresaliendo *Glomus sp.2*, *Glomus sp.1* y *Glomus constrictum* (Tabla 6).

En el mes de abril se encontraron 12 especies con un promedio de  $206.05 \pm 64.6$  esporas en 100g de suelo. Para el mes de julio el número de especies bajó a 9 con sólo  $29.88 \pm 20.2$  esporas en 100g de suelo, y en el mes de noviembre aunque se mantuvo el número de especies (9) encontramos  $254.31 \pm 404.9$  esporas en 100g de suelo.

**Selva Hectárea.** Presenta 14 especies (Tabla 4), siendo las más abundantes *Glomus sp.1* y *Glomus sp.2* (Tabla 6).

En abril se encuentran  $217.84 \pm 164.1$  esporas (en 100g suelo) en promedio con 12 especies; en el mes de julio el número de esporas bajó a  $23.77 \pm 14.6$  al igual que el número de especies, que fue de 9. En noviembre aunque sólo se presentaron 9 especies, el número de esporas aumentó a  $69.11 \pm 37.8$  (Tabla 6).

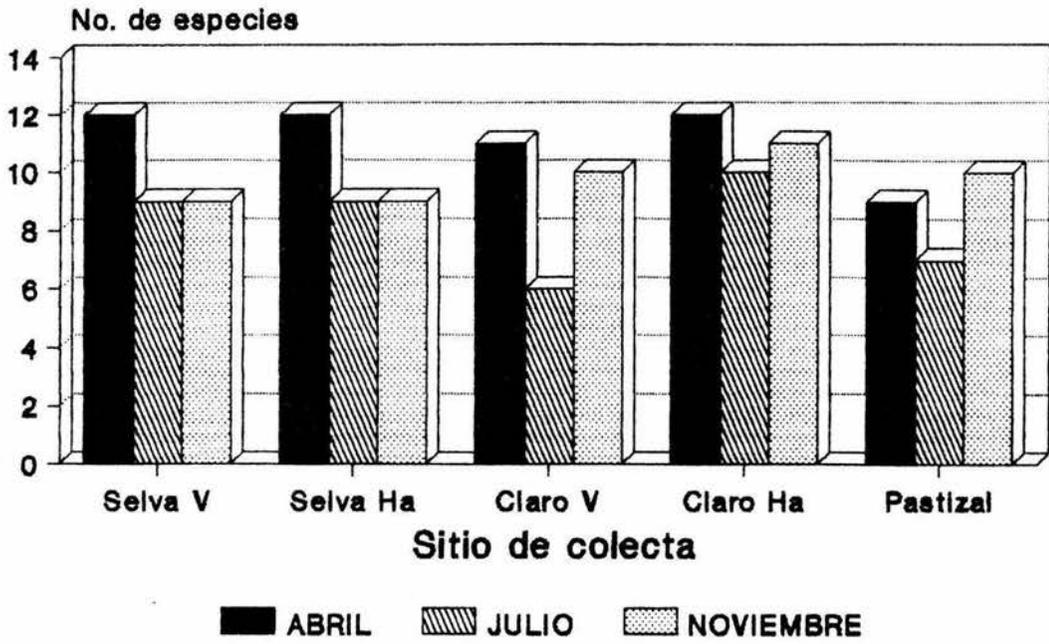


Figura 4. No total de especies de hongos de hongos micorrizicos arbusculares por sitio de colecta

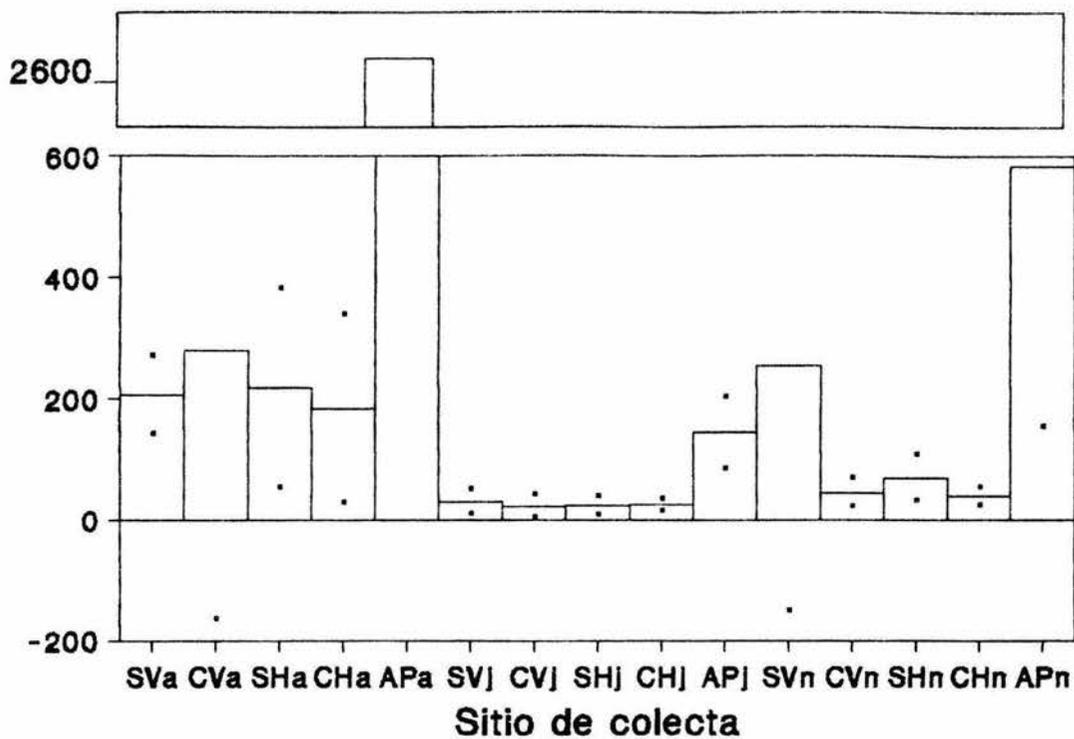


Figura 5. No. promedio de esporas (+/- D.E) en 100 g de suelo seco.  
a=abril, j=julio, n=noviembre.

Claro Vigía: En esta zona de estudio se reconocieron 14 especies (Tabla 4), de las cuales las que presentaron un mayor número de esporas fueron *Glomus constrictum* y *Sclerocystis clavispora* (Tabla 6).

En abril se encontraron 11 especies con  $279.32 \pm 443.9$  esporas en promedio; en el mes de julio son sólo 6 especies con  $22.77 \pm 18.7$  esporas, y en el mes de noviembre ascendió el número de especies a 10 contando con  $45.01 \pm 14.6$  esporas en promedio.

Claro Hectárea: Este sitio presentó 15 especies (Tabla 4) de las cuales resalta la presencia, por su abundancia, de *Glomus 1* y *Glomus 2* (Tabla 6).

En el mes de abril se encontraron  $183.23 \pm 155.3$  esporas pertenecientes a 12 especies, este número de esporas descendió a  $24.54 \pm 9.3$  en julio y el número de especies bajó a 10; en el mes de noviembre se encontraron 11 especies y  $38.65 \pm 14.5$  esporas.

Arbol remanente: En este sitio de pastizal se observaron 11 especies (Tabla 4), destacando *Glomus 1* y *Glomus 2* (Tabla 6).

En abril se presentaron 9 especies y  $2667.53 \pm 1621.9$  esporas, mientras que en julio se encontraron 7 especies y el número de esporas descendió a  $144.37 \pm 59.3$ . Finalmente en noviembre aumentó el número de esporas a  $584.53 \pm 431$  y el de especies a 10.



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

Tabla 6. Abundancia de esporas (número promedio de esporas por época de muestreo en 100g de suelo seco). SV=Selva Vigía, SH=Selva Hectárea, CV=Claro Vigía, CH=Claro Hectárea, AR=Arbol remanente.

ESPECIE	ABRIL					JULIO					NOVIEMBRE				
	SV	SH	CV	CH	AR	SV	SH	CV	CH	AR	SV	SH	CV	CH	AR
<i>Glomus</i>															
<i>G. constrictum</i>	13	13	139	13	13	2	3	19	0.1	0	36	20	28	5	24
<i>G. sp 1</i>	55	66	9	43	1829	4	9	0	5	71	15	2	2	8	178
<i>G. sp 2</i>	80	61	23	68	453	15	9	1	14	67	190	16	8	9	300
<i>G. sp 3</i>	7	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>G. sp 4</i>	0	0	2	0	0	1	0	1	1	0.3	0.3	0	1	0.3	0
<i>G. sp 5</i>	3	6	18	0.4	0	1	0.1	0	0	0	2	0.3	0	0	0
<i>G. sp 6</i>	11	11	23	22	170	1	1	0	1	2	8	17	2	8	28
<i>G. sp 7</i>	0	13	0	2	0	0	0.2	0	0.4	0	0	0	1	0	36
<i>Sclerocystis</i>															
<i>S. sinuosa</i>	4	1	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>S. clavispora</i>	2	10	62	1	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0.3	1
<i>S. sp</i>	2	0	1	1	0	0	0	0.1	0.1	0	1	0	0	2	1
<i>Acaulospora</i>															
<i>A. spinosa</i>	7	14	0.42	4	19	0.4	0.3	1	0.3	1	2	0	1	2	5
<i>A. scrobiculata</i>	15	7	0.4	7	138	5	0.4	0	1	2	1	0	0	3	2
<i>A. sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gigaspora</i>															
<i>G. rosea</i>	0	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	0
<i>G. sp</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
EN11	5	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	7	1	1	0
EN12	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

El sitio que presentó la mayor cantidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares durante las tres épocas de muestreo, fue el árbol remanente (Figura 5, Tabla 6). En los sitios de selva y claro el número de especies (riqueza específica) fue mayor, aunque el número de esporas presente estuvo muy por debajo de la encontrada en el árbol en pastizal (Tabla 7).

Se determinó también el Índice de diversidad de Simpson, el cual indicó que la mayor diversidad se encuentra en los sitios dentro de la selva (con valores de 1.72 a 5.21), y los menores índices están presentes en el árbol remanente en el pastizal (de 1.97 a 2.74) (Tabla 7).

Por otra parte, el índice de Equitabilidad de Simpson en general fue bajo en todas las zonas (de 0.19 a 0.54), pero un poco mayor en los sitios presentes dentro de la selva (0.51 en selva y 0.54 en un claro) (Tabla 7).

TABLA 7. Indices de diversidad y riqueza por sitios de trabajo y tiempos. S=Riqueza, D=Indice de diversidad de Simpson y E= Indice de Equitabilidad de Simpson.

Sitio / Mes de colecta				
ABRIL				
Selva V	Selva Ha	Claro V	Claro Ha	Arbol remanente
S=12	S=12	S=11	S=12	S=9
D=4.15	D=5.21	D=3.15	D=4.29	D=1.97
E=0.34	E=0.43	E=0.28	E=0.35	E=0.21
JULIO				
Selva V	Selva Ha	Claro V	Claro Ha	Arbol remanente
S=9	S=9	S=6	S=10	S=7
D=3.23	D=3.25	D=1.77	D=2.69	D=2.18
E=0.35	E=0.36	E=0.29	E=0.26	E=0.31
NOVIEMBRE				
Selva V	Selva Ha	Claro V	Claro Ha	Arbol remanente
S=9	S=9	S=10	S=11	S=10
D=1.72	D=4.66	D=2.31	D=6.03	D=2.74
E=0.19	E=0.51	E=0.23	E=0.54	E=0.27

Con el fin de determinar las diferencias entre el número de esporas y de especies entre los sitios de trabajo (selva con dosel cerrado, claro y en el árbol remanente de pastizal), se realizó un análisis de varianza no paramétrico por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, la cual mostró diferencias significativas tanto para el número de esporas ( $p < 0.01$ ) como para el número de especies ( $p < 0.01$ ) (Tabla 8).

Para conocer las diferencias entre el número de esporas y de especies por colecta (secas, lluvias y nortes), y utilizando también la prueba de Kruskal-Wallis, se encontraron diferencias significativas para el número de esporas ( $p < 0.05$ ) y para el número de especies ( $p < 0.01$ ) (Tabla 8).

TABLA 8. Valores de significancia para el número de esporas y de especies tanto por sitio como por colecta, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1969; Zar, 1984).

Variable	Fuente de variación	H	p
No. esporas	sitio	24.43	<0.01**
No. esporas	colecta	25.52	<0.05*
No. especies	sitio	15.32	<0.01**
No. especies	colecta	8.78	<0.01**

## 7. DISCUSION

### 7.1. Especies de hongos micorrízicos arbusculares presentes

En este estudio se encontraron 18 especies de hongos micorrízicos arbusculares, siendo algunas nuevos registros para zonas tropicales y para México.

La diferencia que existe en cuanto al número de especies reportadas aquí y en otros trabajos (Tabla 2) puede deberse a que la mayor cantidad de estudios se han llevado a cabo en agrosistemas y a que los estudios en sistemas naturales son escasos.

### 7.2. Abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares

Ha sido señalado por diversos autores (Daniels, 1984; Brundrett, 1991; Hayman, 1970; Mosse & Bowen, 1968; Schmidt & Scow, 1986) que el número de esporas está influenciado por factores como la humedad, ph, luz, temperatura, la presencia de organismos del suelo, estacionalidad y la presencia o ausencia de plantas hospederas, así como por la tolerancia de los endofitos al fósforo (Douds & Schenck, 1990). Por su parte, Hayman (1970), reportó que en las plantas perennes, como es el caso de las especies involucradas en este sistema tropical en particular, la

infección micorrízica tiene mayor significancia que en las plantas anuales, donde las micorrizas son relevantes en determinadas etapas de desarrollo de la planta.

En cuanto a la abundancia de las esporas, se observaron valores relativamente altos para una zona tropical. Si estos se comparan con los datos presentados en la Tabla 3, parecería que los resultados son similares, pero los sitios que en esta tabla se contemplan presentan suelos oligotróficos, donde las micorrizas son esenciales para la transferencia de elementos de la materia en descomposición a las raíces (Went & Stark, 1968), explicación que no necesariamente se aplica a esta región ya que según diversos autores el suelo de la Selva de "Los Tuxtlas" puede ser eutrófico lo que nos lleva a pensar que nuestros resultados pueden deberse a que:

a) Los elementos pueden estar presentes pero no disponibles para las plantas, como puede ocurrir en este sitio ya que el suelo dominante es el andosol que es de origen volcánico y rico en alófono, una arcilla amorfa fijadora de fósforo (Estrada, com. per.), además el fósforo también puede ser inmovilizado por el aluminio (Sánchez, 1976 en Jordan, 1989) y por lo tanto no estar disponible para ser absorbido por las plantas, por lo que la infección micorrízica podría jugar un papel muy importante incrementando la posibilidad de captura de iones fosfato antes de ser inmovilizados, lo cual no ha sido estudiado en este sitio.

b) La gran cantidad de lluvia que afecta dicha región puede provocar alta lixiviación de nutrimentos, principalmente de

fósforo (Redhead, 1968), por lo que las micorrizas aumentan la superficie de absorción de las raíces para capturarlos antes de ser lixiviados (Bowen, 1980).

c) La capacidad de las plantas en la toma de nutrimentos en un ambiente altamente competitivo como es el caso de las selvas tropicales puede depender en gran magnitud de la extensión y profundidad de su sistema radical así como del grado de micotrofia que presenten (Connor, 1983; Allen & Allen, 1988).

Se encontró una mayor cantidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en el Arbol en el pastizal, con respecto a los sitios de Selva (dosel cerrado y claros), lo cual concuerda con lo reportado por Mosse & Bowen (1968), ya que estos autores encontraron baja cantidad de esporas en zonas de vegetación natural. En el caso de los pastizales, los reportes encontrados (Tabla 2 y 3), indican bajas cantidades de esporas, debido a que la infección micorrízica está dada principalmente por el crecimiento de raíces con micelio (Sparling & Tinker, 1975). Sin embargo este aspecto sólo está estudiado para sitios templados, y en sistemas tropicales la esporulación puede ser un medio importante de propagación. Por otro lado Baylis (1975) señala que los pastos por presentar raíces gramínoideas, son micotróficos sólo cuando la disponibilidad de fósforo es extremadamente baja, lo cual como se señaló, no se conoce en este sitio.

Otro punto importante que puede analizarse se relaciona a la metodología empleada ya que debido a que este tipo de organismos

tienen distribución agregada y son cosmopolitas (Allen, 1991), es necesario el tener más sitios de muestreo y realizar más colectas, ya que la detección de las esporas de las especies presentes pudo haber sido una observación puntual en los sitios de trabajo al coincidir esta con la extracción de suelo.

### 7.3. Distribución de esporas de hongos micorrízicos arbusculares

La distribución horizontal de los hongos micorrízicos arbusculares está dada por la actividad de los organismos asociados al suelo, y la distribución vertical está dada por la distribución de recursos en el suelo (Allen, 1991). Aunque en este estudio sólo se abarcaron los primeros 20 cm de profundidad, es claro que hay factores que afectan su distribución, ya que algunos presentaron especificidad a las condiciones de selva como *Glomus* sp.3, *Glomus* sp.5, *Glomus* sp.7, *Acaulospora* sp., *Gigaspora rosea* y *Gigaspora* sp. Por otra parte, existen especies que se pueden considerar cosmopolitas como *Glomus constrictum*, *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Glomus* sp.4, *Glomus* sp.6, *Sclerocystis clavispora*, *Sclerocystis sinuosa*, *Sclerocystis* sp., *Acaulospora spinosa* y *Acaulospora scrobiculata*.

Esta clasificación es arbitraria ya que su presencia puede estar indicada por la baja dispersión que presentan (Powell, 1979), por las características de cada sitio y la metodología empleada.

#### 7.4. Influencia de la perturbación en la abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares

Un factor que afecta la abundancia y la distribución de los hongos micorrízicos arbusculares es la perturbación. En este caso no es muy clara la influencia de la perturbación en la abundancia de esporas en sitios de selva (con dosel cerrado) y claros, pero sí hay una diferencia al comparar estos sitios con la zona de pastizal. La perturbación cambia el ambiente tanto físico y químico como biológico y provoca cambios en la composición vegetal implicando la posible eliminación de plantas hospederas (Abbot & Robson, 1991).

El hecho de encontrar una mayor cantidad de esporas y un menor número de especies en el Arbol remanente, sugiere que estas especies de hongos son tolerantes a las perturbaciones causadas cuando se tala la selva para prácticas agrícolas y ganaderas. Se proponen las siguientes hipótesis que pudiesen explicar la abundancia de esporas en este sitio:

- 1) En ambientes con poca variación estacional y en etapas sucesionales estables (climax) una alta producción de esporas podría representar un gasto inútil. En sitios perturbados la esporulación se puede disparar (Estrada, com. per.)

- 2) La perturbación provocada al modificar el ambiente original de selva a un agroecosistema de pastizal, modifica severamente la composición florística y edáfica, lo que implica además cambios en la diversidad de hongos micorrízicos.

3) Debido a que el Arbol remanente compite por recursos con los pastos aledaños, puede producirse una mayor esporulación que asegure mayor infección para una mayor captura de nutrimentos y agua. Aunque la alta abundancia de esporas presente en este sitio puede deberse a la esporulación de los pastos aledaños al árbol y no a la del propio árbol.

4) Daniels (1984), recapitulando varios trabajos, indica que el máximo en colonización y esporulación ocurre en suelos con un nivel bajo de fertilización, como es el caso de los pastizales tropicales (Herrera *et al.* 1988), lo cual debe considerarse aunque no existen investigaciones sobre la fertilidad de tales sitios.

#### 7.5. Ciclo anual de los hongos micorrízicos arbusculares

Hayman (1970) y Brundrett (1991), señalan que los cambios estacionales son relevantes en la actividad de los hongos micorrízicos arbusculares, ya que están regulados por la fenología de la raíz debido a que se asocian con raíces jóvenes que tienen un período limitado de vida. Por otro lado, se ha observado que al morir la raíz se incrementa el número de esporas (Redhead, 1975). Tomando los datos de productividad de raíces finas de Sánchez-Gallén (1992), se compararon con los resultados de abundancia de esporas (para la Hectárea) (Figura 6). Observándose que existe una clara relación entre productividad de raíces y abundancia de esporas, ya que en la época de secas se

reporta menor cantidad de raíces finas y mayor abundancia de esporas, mientras que en la época de lluvias aumentó la producción de raíces. Estos datos concuerdan con los reportados por Ferrer & Herrera (19881a) quienes observaron que la cantidad de micelio extramatricial aumenta durante la época de lluvias, período en el que podría iniciarse la infección micorrízica.

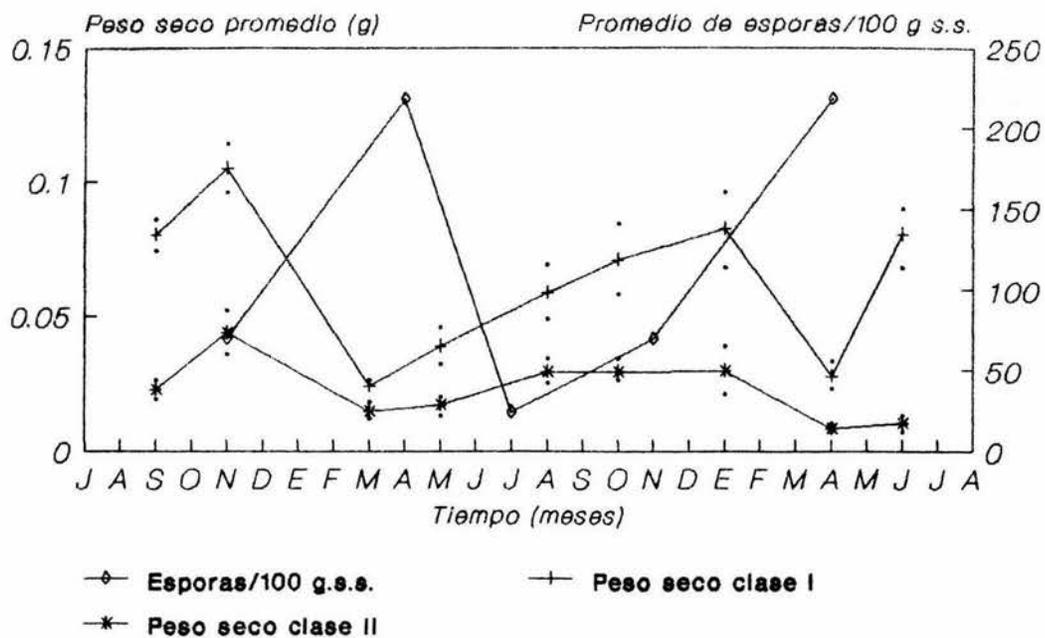


Figura 6. Comparación de productividad de raíces finas (Sánchez- Gallén, 1992) y abundancia promedio de esporas en 100 g de suelo seco. Datos para la zona de la Hectárea. Clase I (raíces < 1mm diámetro), Clase II (raíces > 1mm < 3mm).

## 8. CONCLUSIONES

La mayor abundancia de esporas se presentó en el mes de abril "mes de secas", lo que indica que además de que estos hongos fluctúan fenológicamente, si existe "stress hídrico" en esta zona, lo cual es apoyado por Sánchez-Gallén (1992), quien encontró que la precipitación actúa como mecanismo disparador y frenador de la producción de raíces.

Aunque la mayor diversidad de especies se presentó en los sitios de selva (dosel cerrado y claros), la mayor abundancia de esporas se presentó en el Arbol remanente en la zona de pastizal, lo que nos lleva a pensar que la perturbación representa un recurso para la colonización de nuevos habitats por hongos MA (Allen, 1991).

Allen (1991), señala que en perturbaciones formadoras de claros, se altera la densidad de micelio y propágulos, hay liberación de nutrimentos inmovilizados y establecimiento de inóculo exótico, lo que crea una disminución en el inóculo micorrícico. En este estudio esto último no es claro, ya que es similar la diversidad y la abundancia de esporas en los sitios de dosel y claros, lo que puede deberse al tiempo de muestreo, ya que el microclima no se altera y el sistema radicular de otras especies están invadiendo también el suelo del claro.

Es necesario estudiar en un futuro, además de los propágulos de estos endofitos, el porcentaje de infección entre plantas tanto de selva madura como de etapas sucesionales, la cantidad de

micelio extramatricial presente, así como la respuesta de estos hongos a recursos limitantes y a la presencia de organismos del suelo.

En lo que respecta a perturbaciones a gran escala, como es el caso de deforestaciones para campos de cultivo y pastizales, los árboles remanentes en combinación con elementos del paisaje (cercas vivas y vegetación riparia) ayudan a la regeneración natural por condicionar el desplazamiento de semillas (Guevara & Laborde, 1990), pero al referirnos a las micorrizas, aunque se ha reportado una gran esporulación en sitios abiertos, es claro que el potencial infectivo decrece, por lo que la regeneración de estos sitios es urgente para no perder más su potencial micorrízico infectivo.

**Faltan páginas**

**N° 52-57**

## 9. BIBLIOGRAFIA

Abbott, L.K., & A.D. Robson. 1990. Field management of VA mycorrhizal fungi. *Plant Soil* (in press).

Abbott, L.K., & A.D. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosystems Environ.* 35:121-150.

Aguilar, M., M.E. Gavito & J.M. Mass. 1991a. Efecto de la fertilización con P en la infección micorrízica en una selva baja caducifolia. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, México. pp. 146.

Aguilar, M., L. Varela & N. Félix. 1991b. Germinación de esporas del hongo micorrízico arbuscular *Scutellispora pellucida*. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, México. pp. 139.

Allen, M.F. 1991. *The Ecology of mycorrhizae*. Cambridge University Press. 184 p.

Allen, E., & M. Allen. 1988. The Mediation of Competition by Mycorrhizae in Successional and Patchy Enviroments. En: *Perspectives on Plant Competition*. Grace, J.B., & G.D. Tilman (eds.) Academic Press, N.Y. pp. 367-389.

Alvarez, S. J. 1984. Dinámica de la caída de la hojarasca en una Selva Alta Perennifolia: los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Maestría. Fac. Ciencias, UNAM. 147 p.

Alvarez, S. F.J. 1988. Estimación de la caída y descomposición de la hojarasca y su relación con la dinámica de una selva mexicana. Tesis (Doctor en Ciencias). Fac. de Ciencias, UNAM. 105 p.

Alvarez-Sánchez, F.J. 1991. Productividad primaria neta en una selva tropical húmeda. Bol. Soc. Bot. Méx. 51:3-12

Alvarez, S., L. Varela & V. Jaramillo. 1991. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el número de hongos micorrízicos arbusculares en una selva baja caducifolia. En: Memorias del IV Congreso Nacional de Micología. Tlaxcala, México. pp. 142.

Barea, J.M. 1988. Las Micorrizas y sus implicaciones en Ecología Vegetal. Actas del Congreso de Biología Ambiental. Tomo I. Servicio editorial Universidad del país Vasco-Euskojaurkitza. pp. 57-70.

Barea, J.M., C. Azcón-Aguilar & B. Roldán-Fajardo. 1984. Avances recientes en el estudio de la micorriza V-A. Formación, funcionamiento y efectos en nutrición vegetal (I). Anales de Edafología y Agrobiología. pp. 659-677.

Baylis, G.T.S. 1975. The magnolioid Mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. En: Endomicorrizas. Sanders, E., B. Mosse & P.B. Tinker (eds.) Academic Press, Londres. pp. 373-389.

Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1988. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Omega, Barcelona. 886 p.

Bonfante-Fasolo, P. 1984. Anatomy and Morphology of VA Mycorrhizae. En: VA Mycorrhiza. Powell, C. Ll., & D.J. Bagyaraj (eds.) CRC Press Inc. Boca Raton. pp. 5-33.

Bongers, F., J. Pompa, J. Meave del Castillo & J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetation* 74:55-80.

Boucher, D.H., S. James & K. H. Keeler. 1982. The Ecology of Mutualism. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13:315-347.

Bowen, G.D. 1980. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. En: *Tropical Mycorrhiza Research*. Mikola, P (ed.) Clarendon Press, Oxford. pp.165-190.

Bowen, G.D., & S.E. Smith. The effects of mycorrhizas on Nitrogen uptake by plants. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 33:237-247.

Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. 21:171-313.

Carabias, J.L. 1979. Análisis de la Vegetación de la Selva Alta Perennifolia y Comunidades Derivadas de ésta en una Zona Cálido-húmeda de México, Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Fac. Ciencias, UNAM. 68 p.

Chamizo-Checa, A., & L. Varela. 1991. Dinámica de la Asociación micorrízica en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Ixtacuixtla, Tlaxcala. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, México. pp. 140.

Cortés, M. M. 1986. Distribución de la endomicorriza vesículo arbuscular en diez agroecosistemas de mango *Mangifera indica* L., en el estado de Veracruz. Tesis de Maestría, Comisión Nal. de Fruticultura-SARH. Escuela Nacional de fruticultura. 131 p.

Cuenca, G., R. Herrera, & E. Meneses. 1990. Effects of VA Mycorrhiza on the growth of cacao seedling under nursery condition in Venezuela. *Plant and Soil*. 126:71-78.

Daniels H.B.A. 1984. Ecology of VA mycorrhizal fungi. En: *VA Mycorrhiza*. Powell, C.Ll., & D.J. Bagyaraj (eds.) CRC Press Inc. Boca Raton. pp. 35-55.



BIBLIOTECA

CENTRO DE ECOLOGIA

Daniels, B.A., & H.D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. En: **Methods and principles of mycorrhiza research**. Schenck, N.C. (ed.) St. Paul, Minnesota. pp. 29-37.

Diem, H.G., I. Gueye, V. Gianinazzi-Pearson, J.A. Fortin & Y.R. Dommergues. 1981. Ecology of VA mycorrhizae in the tropics: The semi-arid zone of Senegal. *Acta Ecologica. Ecol. Plant.* 2(16):53-62.

Douds, D., & N.C. Shenck. 1990. Relationship of colonization and sporulation by VA mycorrhizal fungi to plant nutrient and carbohydrate contents. *New Phytol.* 116:621-627.

Ferrer, L.R., & R.A. Herrera. 1988. Micotrofia en Sierra El Rosario. En: *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra El Rosario, Cuba*. Herrera, R.A., L. Menendez, M.E. Rodríguez & E.E. García (eds.) Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias en Cuba. pp. 473-484.

Flores, S.J. 1971. *Estudio de la Vegetación del Cerro del Vigía de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM. 69 p.

García, A. M.C. 1988. Landscape ecological approach for forest conservation. A case study in Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis (maestría). International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Enschede. The Netherlands. 163 p.

García, E. 1984. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República). OFFSET La-Ríos. México, D.F. 71 p.

Gavito, P.M.E. 1991. Estudio de los hongos micorrízicos arbusculares asociados al maíz en el Volcán Malintzin Tlaxcala. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM. 85 p.

Gaviño de la Torre, G., Juárez, L.C., & T.H. Figueroa. 1984. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Limusa. México, D.F. 251 p.

Gemma, J.N., & R.E. Koske. 1990. Mycorrhizae in recent volcanic substrates in Hawaii. Amer. J. Bot. 77(9):1193-1200.

Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. of phytophatol. 6:397-418.

Gerdemann, J.W., & T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Brit. mycol. Soc. 46(2):235-244.

Gilbert, L.E. 1980. Food web Organization and the Conservation of Neotropical Diversity. En: Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective. Soulé, M.E., & B.A. Wilcox (eds.) Sinauer Associates, Sunderland, Mass. pp. 11-33.

Guevara, S., & J. Laborde. 1990. Dispersión de propágulos forestales a través de un pastizal tropical. En: Programas y Resúmenes. XI Congreso Mexicano de Botánica. Oaxtepec, Mor, México. pp. 479-480.

Harley, J.L., & S.E. Smith. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. Londres. 483 p.

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(1):53-63.

Hayman, D.S., A.M. Johnson, & I. Ruddlesdin. 1975. The influence of Phosphate and Crop species on *Endogone* spores and Vesicular-arbuscular mycorrhiza under field Conditions. Plant and soil. 43:489-495.

Hernández-Cuevas, L., & L. Varela. 1991. Establecimiento de una colección de hongos micorrícicos arbusculares. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, México. pp. 145.

Herrera, R.A., M.E. Rodríguez & E. Furrázola. 1988. Caracterización y dinámica de las fitomasas de raíces y micorrizas vesículo-arbusculares en la Sierra del Rosario. En: *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra El Rosario, Cuba*. Herrera, R.A., L. Menendez, M.E. Rodríguez & E.E. García (eds.) Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias en Cuba. pp. 447-472.

Huante, P.M.P. 1992. *Mecanismos de captura de recursos de plántulas de la Selva Baja Caducifolia de Chamela, Jalisco*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 120 p.

Ibarra, M. G. 1985. *Estudios preliminares sobre la flora leñosa de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico*. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. 264 p.

Jackson, R. 1984. *Mycorrhiza*. Edward Arnold. 159:13-17.

Janos, D. P. 1975. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on lowland tropical rainforest trees. En: *Endomicorrizas*. Sanders, E., B. Mosse & P.B. Tinker (eds.) Academic Press, Londres. pp. 437-446.

Janos, D.P. 1980a. Mycorrhizae influence Tropical Succesion. *Biotropica* 12 (suplemento):56-64.

Janos, D.P. 1980b. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology* 61(1):151-162.

Janos, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrients cycles and plant growth. En: *Tropical rain forest: Ecology and Management*. Sutton, S.L., T.C. Whitmore, & A.C. Chadwick (eds.) Oxford Blackwell Scientific Publications. pp. 327-345.

Janos, D.P. 1984. Methods for vesicular-arbuscular mycorrhiza research in the lowland wet tropics. En: *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. Medina, E., H.A. Mooney, & C. Vázquez-Yanes (eds.) Dr. W. Junk. Netherlands. pp. 173-187.

Janos, D.P. 1988. Mycorrhizal applications in tropical forestry: Are temperature-zone approaches appropriate?. En: *Trees and Mycorrhiza*. F.S.P. Ng. (ed.) Forest Research Institute. Kuala Lumpur. 58 p.

Janos, D.P. 1992. Heterogeneity and scale in Tropical Vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. En: *Mycorrhizas in Ecosystems*. Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., & I.J. Alexander (eds.) C.A.B. International. pp. 276-282.

Janos, D.P., & J.M. Trappe. 1982. Two new *Acaulospora* species from tropical America. *Mycotaxon*. 15:515-522.

Jordan, C.F. 1986. Local Effects of tropical deforestation. En: *Conservation Biology. The Science of Scarcity and Diversity*. Soulé M.E. (ed.) Sinauer Associates, Massachusetts. pp. 410-426.

Jordan, C.F. 1989. An Amazonian rain forest. The Structure and Function of a Nutrient Stressed Ecosystem and the Impact of Slash-and-Burn Agriculture. Vol.2. Man and the Biosphere series. 176 p.

Koske, R.E., & J.N. Gemma. 1990. VA Mycorrhizae in strand vegetation of Hawaii: Evidence for long-distance codispersal of plants and fungi. *Amer. J. Bot.* 77(4):466-474.

Kozlowski, T.T., P.J. Kramer & S.G. Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, INC. 657 p.

Lot-Helgueras, A. 1976. La estación de Biología Tropical Los Tuxtlas: pasado, presente y futuro. En: *Regeneración de Selvas*. Vol.I, Gómez-Pompa, A., S. del Amo, C. Vázquez-Yanes, & A. Butanda (eds.) INIREB. CECSA. México. pp. 31-69.

Martínez-Ramos, M. 1980. Aspectos Sinecológicos del Proceso de Sucesión en una Selva Alta Perennifolia. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM. 181 p.

Mc. Ilveen, W.D., & H. Cole Jr. 1976. Spores dispersal of Endogonaceae by worms, ants, wasps, and birds. *Can. J. Bot.* 54:1486-1489.

Medina, E., & E. Cuevas. 1989. Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forest of the upper Rio Negro basin. En: *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Proctor J. (ed.) Special Publication Number 9 of The British Ecological Society. pp. 217-239.

Miranda, F., & Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-72.

Morton, J.B., & G. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new orden, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471-491.

Mosse, B., & G.D. Bowen. 1968. The distribution of *Endogone* spores in some Australian and New Zealand soils, and in an experimental field soil at Rothamsted. *Trans. Br. mycol. Soc.* 51(3-4):485-492.

Murphy, P.G. 1975. Net Primary Productivity in Tropical Terrestrial Ecosystems. En: *Primary Productivity of the Biosphere*. Lieth, H. & R.H. Whittaker (eds.) Springer-Verlag, New York. pp. 217-231.

Newman, E.I., & P. Reddell. 1987. The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New. Phytol.* 106:745-751.

Pérez, G.M., & C. Vázquez-Yánes. 1985. Presencia de micorrizas vesículo-arbusculares en especies de *Piper* de los Tuxtlas, Ver., Mex. *Biotica* 10(2):223-228.

Perry, D.A., Molina, R., & M.P. Amaranthus. 1987. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Can. J. For. Res.* 17:929-940.

Powell, C.L. 1979. Spread of mycorrhizal fungi through soil. *J. Agricul. Research.* 22:335-339.

Read, D.J., H.K. Koucheiki, & J. Hodgson. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural Vegetation Systems. *New. Phytol.* 77:641-653.

Redhead, J.F. 1968. Mycorrhizal associations in some nigerian forest trees. *Trans. Br. mycol. Soc.* 51:377-387.

Redhead, J.F. 1975. Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: Some aspects of the ecology of the endotrophic mycorrhizal association of *Khaya grandifoliola* C.D.C. En: *Endomicorrizas*. Sanders, E., B. Mosse & P.B. Tinker (eds.) Academic Press, Londres. pp. 447-459.

Richards, B.N. 1985. *The Microbiology of Terrestrial Ecosystems*. Longman Scientific & Technical. N.Y. 399 p.

Rico, B.M., & A. Gómez-Pompa. 1976. Estudio de las Primeras Etapas Sucesionales de una Selva Alta Perennifolia en Veracruz, México. En: *Regeneración de Selvas*. Vol.I, Gómez-Pompa, A., S. del Amo, C. Vázquez-Yanes, & A. Butanda (eds.) INIREB. CECSA. México. pp. 112-202.

Sánchez-Gallén, I. 1992. Productividad de raíces en una Selva Húmeda Tropical. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. 78 p.

Schenck, N.C., & Y. Pérez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville. 286 p.

Schmidt, S.K., & K.M. Scow. 1986. Mycorrhizal Fungi on the Galápagos Islands. *Biotropica* 18(3):236-240.

Sieverding, E. 1989. Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. *Agric. Ecosystems Environ.* 29:369-390.

Sokal, R.R., & F.J. Rohlf. 1969. *Biometry*. W.H. Freeman and Company. 776 p.

Soto, E.M. 1976. Algunos aspectos climáticos de la Región de Los Tuxtlas, Ver. En: *Regeneración de Selvas*. Vol.I. Gómez-Pompa, A., S. del Amo, C. Vázquez-Yanes, & A. Butanda (eds.) INIREB. CECSA. México. pp. 70-111.

Sparling, G.A., & P.B. Tinker. 1975. Mycorrhizas in Pennine grassland. En: *Endomicorrizas*. Sanders, E., B. Mosse & P.B. Tinker (eds.) Academic Press, Londres. pp. 545-560.

St. John, T.V., & D.C. Coleman. 1983. The rôle of mycorrhizae in plant ecology. *Can. J. Bot.* 61:1005-1014.

Varela, L. & R. Vázquez. 1989. Incidencia y descripción de dos hongos micorrízicos vesículo-arbusculares aislados de un suelo cultivado con arroz. *Rev. Mex. Mic.* 5:233-239.

Waidyanatha, U.P. 1980. Mycorrhizae of *Hevea* and leguminous ground covers in rubber plantations. En: *Tropical Mycorrhiza Research*. Mikola, P (ed.) Clarendon Press, Oxford. pp. 238-242.

Went, F.W., & N. Stark. 1968. Mycorrhiza. *BioScience* 18:1035-1039.

Zar, J.H. 1984. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 718 p.

APENDICE



*Glomus constrictum*  
Contraste de fases  
20X



*Glomus* sp.  
Campo claro  
40X



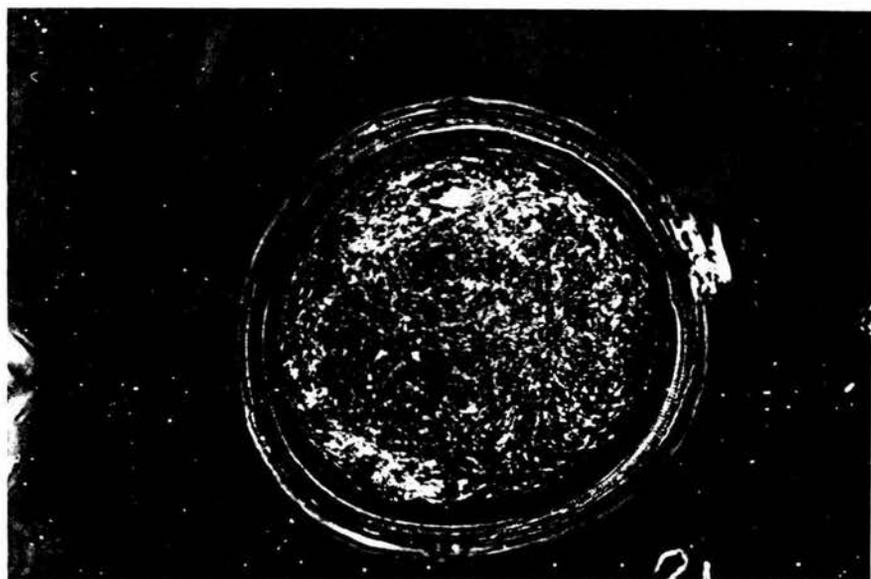
*Sclerocystis sinuosa*  
Luz tangencial  
20X



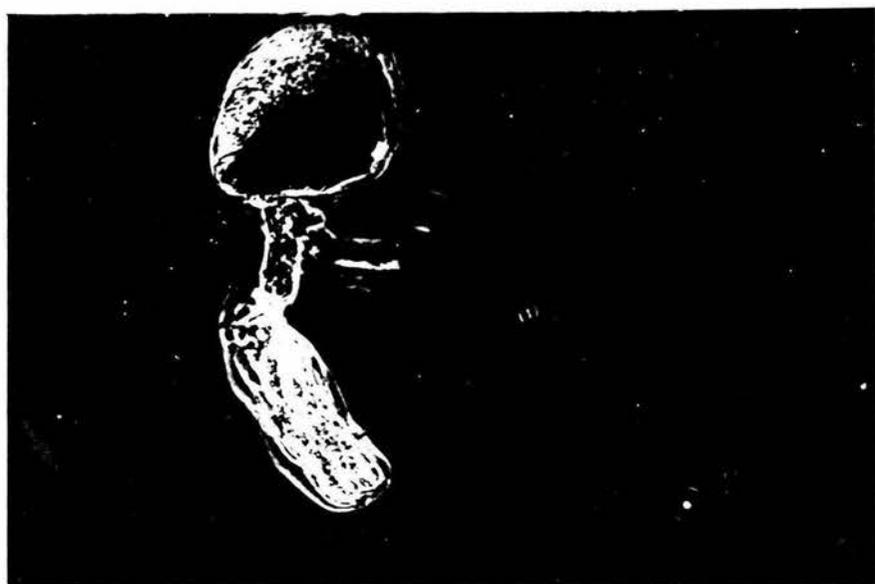
*Sclerocystis clavispora*  
Luz tangencial  
10X



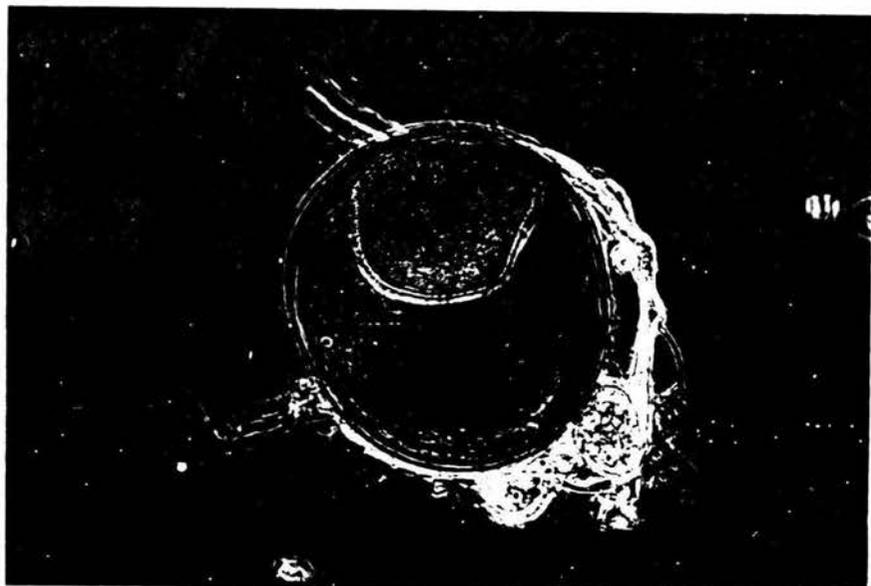
*Acaulospora scrobiculata*  
Luz tangencial  
20X



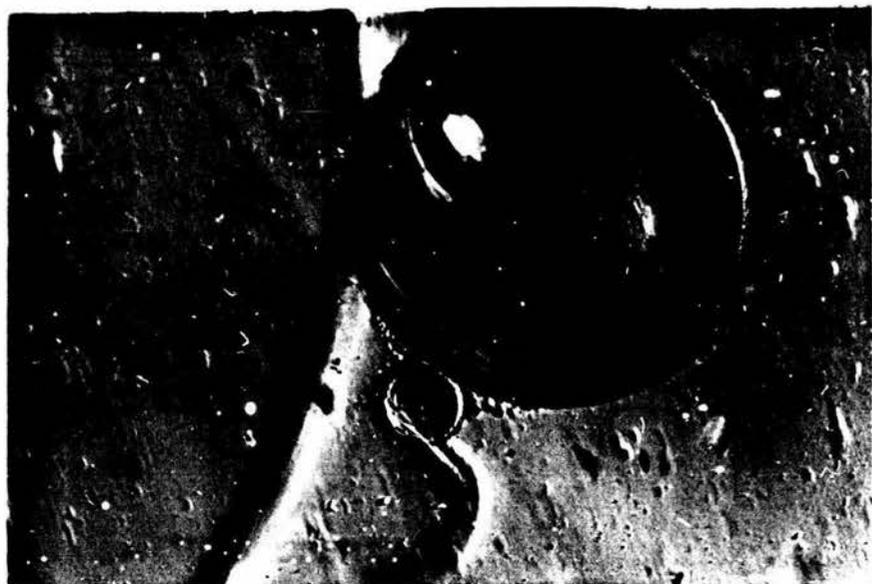
*Acaulospora spinosa*  
Contraste de fases  
40X



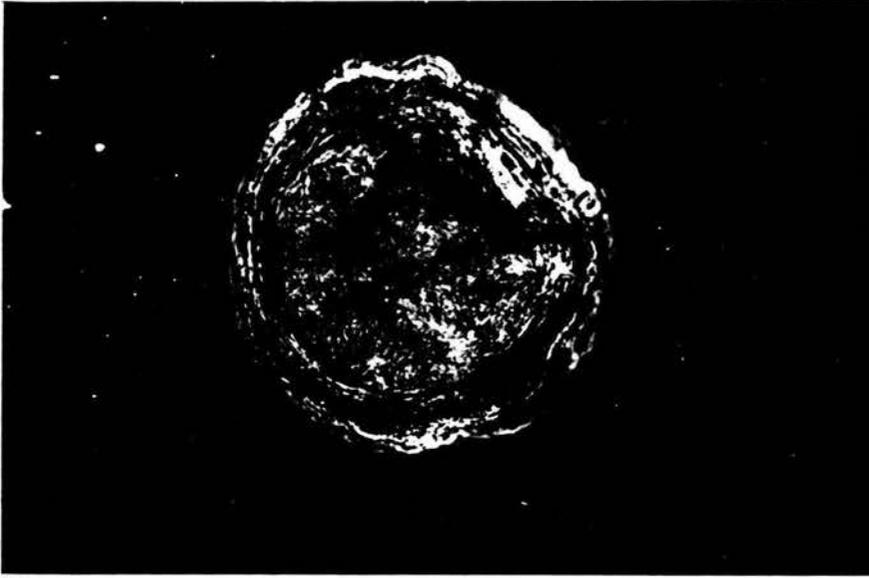
*Acaulospora* sp.  
(especie nueva)  
Luz tangencial  
20X



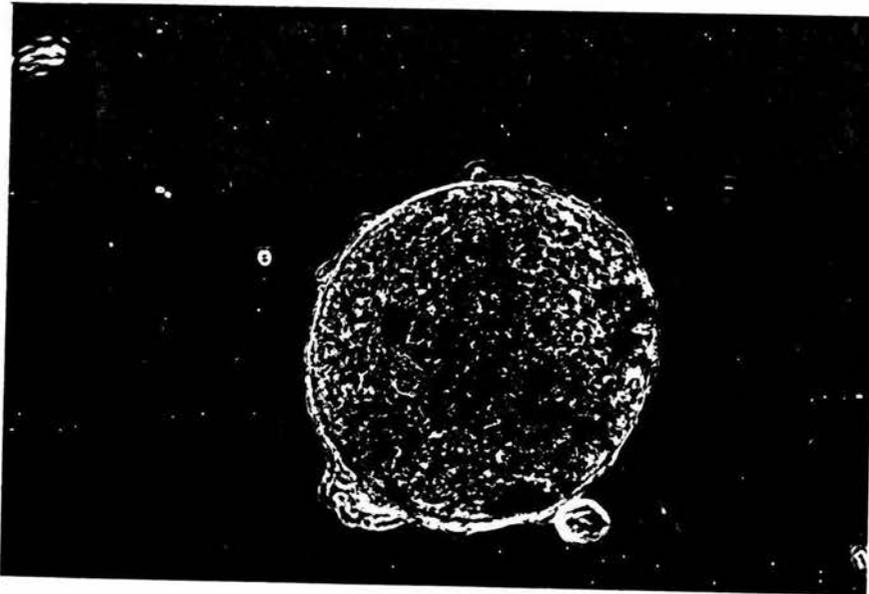
*Gigaspora rosea*  
Contraste de fases  
20X



*Gigaspora* sp.  
Luz tangencial  
40X



ENI1  
Contraste de fases  
40X



ENI2  
Contraste de fases  
40X



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

RECIBIDO  
NOV. 26 1996

GCHM  
845L  
1993



# U N A M

## FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.

1	5 MAY 1998	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉJICO	
2			
	5 NOV 2001		