

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
CIELAT**

**FUNCIONAMIENTO MICORRIZICO COMO INDICADOR
DEL PROCESO DE “SABANIZACION” EN ZONAS DE
BOSQUE HÚMEDO TROPICAL EN LA RESERVA
FORESTAL DE CAPARO**

**Br. Mercedes E. Burguera C.
Tutora: Dra. Máxima Monasterio**

Trabajo especial de grado para optar al título de Licenciada en Biología

INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DE LA BACHILLER MERCEDES BURGUERA CARDENAS

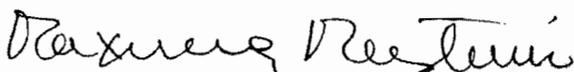
En Mérida a los 27 días del mes de junio de mil novecientos noventa y seis, a las 4:00 p.m. se reunieron los Profesores: Maximina Monasterio y Carlos Estrada de la Facultad de Ciencias, y Miriam Moreno de la Facultad de Farmacia, quienes forman el Jurado nombrado por el Departamento de Biología y aprobado por el Consejo de la Facultad de Ciencias, para revisar el trabajo Especial de Grado que sobre el tema: **FUNCIONAMIENTO MICORRIZICO COMO INDICADOR DEL PROCESO DE "SABANIZACION" EN ZONAS DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL EN LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO** presentó la Bachiller **MERCEDES E. BURGUERA CARDENAS**, titular de la Cédula de Identidad N° 8.712.495 para optar al título de:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Acto seguido se procedió a oír la exposición que sobre el tema arriba mencionado realizó la Bachiller **MERCEDES E. BURGUERA CARDENAS**.

Después del correspondiente interrogatorio, el Jurado procedió a deliberar sobre la calificación del trabajo sometido a consideración.

Finalmente el Jurado lo declaró **APROBADO**, con una calificación de **Diecinueve (19)** puntos y recomendada para su publicación.



Dra. Maximina Monasterio
Tutora



Dra. Miriam Moreno
Jurado



Dr. Carlos A. Estrada S.
Jurado

El presente trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Profesor MIGUEL MONTILLA, cuya desaparición física ha sido una pérdida incalculable para todos sus compañeros y estudiantes. Sin embargo sus ideas y empuje son un NORTE que nos guía a continuar su trabajo.

Esta investigación esta enmarcada dentro del Programa MAB-UNESCO-ORCYT/CIELAT-ULA, que coordina la Dra. MAXIMINA MONASTERIO. Agradecemos a dichas instituciones el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTOS

A MIGUEL MONTILLA, por despertarme la inquietud hacia esta área de trabajo, por orientarme y por representar un ejemplo a seguir.

A la Dra. MAXÍMINA MONASTERIO, un profundo agradecimiento por su interés, preocupación y apoyo en todo momento y por sus adecuadas orientaciones durante la realización de este trabajo.

Al Dr. RICARDO HERRERA, por su enseñanza y correcciones adecuadas.

Al Dr. CARLOS ESTRADA, por los comentarios acertados.

A la Dra. MIRÍAN MORENO, por su interés, ayuda y preocupación.

Al Prof. DIMAS ACEVEDO, por su constancia, interés, preocupación y certeras correcciones en la realización de este trabajo.

Al Dr. MARIO FARIÑAS, por su gran ayuda en los análisis de los datos.

Al Prof. EULOGIO CHACON, por su colaboración en los análisis estadísticos requeridos.

A JOSÉ IBARRA, por permitirme utilizar parte de los datos de su tesis.

Al señor LUIS NIETO, por su amable colaboración en el campo.

A la Sra. NANCY y la Lc. SONIA por su colaboración y ayuda en todo momento.

A mis amigos y compañeros, ISABEL, LILIANA, ZULAY, FRANCISCA y HERNAN, por su valiosa e incondicional amistad y por el apoyo brindado.

A mis PADRES Y HERMANOS, por confiar en mí.

A la familia MONTILLA BURGUERA, por su ayuda y apoyo.

Al los integrantes del CENTRO DE INVESTIGACIONES ECOLÓGICAS DE LOS ANDES TROPICALES, CIELAT por su apoyo.

Gracias

DEDICATORIA

A MIGUEL GERARDO

RESUMEN

La Reserva Forestal de Caparo está localizada en Los Llanos Occidentales de Venezuela, se caracteriza por una gran diversidad de formaciones vegetales que van desde bosques tropicales estacionales hasta sabanas naturales y pasturas, la presencia de estas últimas es consecuencia principalmente del proceso de deforestación y colonización agraria.

Con el propósito de evaluar algunas implicaciones ecológicas de las micorrizas arbusculares en los procesos de "sabanización" en los bosque húmedos de Caparo, se compara, mediante el análisis de los principales componentes micorrízicos, un bosque natural con cinco parcelas de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella), tres de estas parcelas con manejo campesino, las cuales presentan diferentes edades de establecimiento (1,3 y 5 años de edad) y dos parcelas con manejo mecanizado con tres y seis años de implantadas.

En cada parcela se estimó por separado, mediante los métodos empleados por Herrera et al. (1995), los siguientes componentes de la simbiosis: % de colonización micorrízica (%CM), % de densidad visual (%DV), micomasa de micelio externo (ME), micomasa de endófito (DE), número total de espora y diversidad de especies Glomales y se analizó su relación con algunas propiedades del suelo y la biomasa microbiana.

Los resultados nos indican que las parcelas de pastizales con manejo mecanizado (no degradados), presentan una disminución del potencial micorrízico acompañado de un aumento en la proporción de raicillas con pelos radicales considerándose esta estrategia como una alternativa para la captación de nutrientes. Por otra parte la ocupación fúngica (OF) depende de la capacidad genética de la especie para formar en las raicillas micorrízicas micomasas más o menos densas. En este sentido la capacidad de ocupación fúngica del pasto estrella es tan alta como la de las especies de otras parcelas, por lo tanto si el funcionamiento micorrízico está disminuido en sus componentes, es debido al manejo utilizado y no por la especie dominante en ellas (pasto estrella) cuyos valores de OF son los más altos.

Los pastizales con manejo campesino (degradados), exhiben valores bajos de los componentes micorrízicos para la parcelas de etapas serales iniciales, estos valores van aumentando a medida que aumenta la etapa sucesional de las parcelas, indicando que la simbiosis es más eficiente en las parcelas recuperadas, debido a la presencia de una mayor superficie de intercambio bidireccional de nutrientes.

La mayor diversidad de esporas esta correlacionada tanto con las parcelas más avanzadas en la sucesión y con el ecosistema natural, así como con los suelos que presentan mayor porcentaje de arena y menor proporción de nutrientes. **

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	10
AREA DE ESTUDIO	13
METODOLOGÍA	20
1.- DISEÑO EXPERIMENTAL	20
2.- HISTORIA DE LAS PARCELAS	22
2.1.- PARCELA DE BOSQUE NATURAL (PB)	22
2.2.- PARCELAS CON MANEJO CAMPESINO	23
a) Parcela de pasto estrella de 1 años (CPE1)	23
b) Parcela de pasto estrella de 3 años (CPE3)	24
c) Parcela de pasto estrella de 5 años (CPE5)	26
2.3.- PARCELAS CON MANEJO MECANIZADO	27
a) Parcela de pasto estrella de 3 años (MPE3)	27
b) Parcela de pasto estrella de 6 años (MPE6)	29
3.- MUESTREO	33
4.- VARIABLES A MEDIR	33
4.1.- Análisis del suelo	33
4.2.- Análisis de los Componentes micorrizicos radicales	33
5.- METODOLOGÍA SOBRE LA SEPARACIÓN DE LOS COMPONENTES MICORRIZICOS MA	34

5.1.- Separación de los Componentes Micorrízicos	34
5.2.- Extracción y cuantificación de las poblaciones de esporas y especies de hongos MA	35
5.3.- Cuantificación de raicillas y endófito MA (DE)	38
5.4.- Cuantificación del micelio Extramático (ME)	40
6.- ÍNDICES DE DIVERSIDAD	40
7.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	41
7.1.- Variaciones del funcionamiento de las MA en las parcelas	41
7.2.- Variaciones de la diversidad del orden Glomales en las parcelas	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
1.- ORDENAMIENTO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y DE LAS VARIA- BLES EDAFICAS	45
2.- VARIABLES ASOCIADAS A LA MICORRIZACIÓN Y COMPONENTES MICORRIZICOS	49
3.-VARIABLES ASOCIADAS A LA MICORRIZACIÓN	50
a) Fitomasa de Raicillas (FR)	50
b) Porcentaje de los pelos radicales (%PR)	51
c) Humus Bruto (HB)	51
4.- COMPONENTES MICORRÍZICOS.....	52
4.1.- Componentes Extraradicales	52
a) Micomasa de micelio externo (ME)	52
b) Número total de esporas (NTE)	54
4.2.- Componentes Intraradicales	56
a) Micomasa de Endófito (DE)	56
b) Porcentaje de Colonización (%CM)	58
c) Porcentaje de Densidad Visual (%DV)	59

d) Ocupación Fúngica	59
5.-RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES	61
a) Micomasa de micelio externo por micomasa de endófito (ME/ED)	61
b) Micomasa de micelio externo por fitomasa de raicillas (ME/FR)	62
c) Número total de esporas por micomasa de micelio externo (NTE/ME)	62
6.- ORDENAMIENTO DE LA ACTIVIDAD MICORRIZICA, LAS UNIDADES DE MUESTREO Y DE LAS VARIABLES EDAFICAS	63
7.- DIVERSIDAD DEL ORDEN GLOMALES EN LAS PARCELAS ESTUDIA- DAS	71
8.- ORDENAMIENTO DE LAS ESPECIES DE GLOMALES EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICORRIZICA	79
9.- ORDENAMIENTO DE LAS ESPECIES GLOMALES EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	80
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	89

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales estacionales de los Llanos Occidentales de Venezuela son ecosistemas complejos en cuanto a su estructura, composición florística y tipo de formación. Entre los principales factores que los determinan están el carácter estacional de las lluvias, las condiciones hídricas, la permanencia de la inundación y las características geomorfológicas del suelo (Jurgenson, 1994). Estas condiciones causan variaciones de las comunidades vegetales sobre cortas distancias dificultando su caracterización (Arends *et al.*, 1993). Además, estos bosques tropicales están caracterizados por poseer un clima de transición entre el bosque seco tropical y el bosque húmedo tropical que permite el desarrollo de un dosel de hasta 30 m de altura (Jurgenson, 1994). Por otra parte, las diferencias microclimáticas entre las áreas a campo abierto y el bosque son notables, particularmente en cuanto a la influencia de los factores ambientales como vientos, precipitación y radiación, sobre la evaporación, siendo este efecto mínimo en los bosques. Estas diferencias dan origen dentro del bosque a un microclima más estable, menos extremo y sobre todo más húmedo que a campo abierto (Jurgenson, 1994).

Los suelos de los Llanos Occidentales se distinguen por una variabilidad edáfica que se presenta a cortas distancias, debido a que se encuentran en una típica

llanura aluvial de desborde (Franco, 1982). El relieve horizontal que caracteriza los suelos de los Llanos Occidentales es producto de una deposición diferencial de sedimentos finos como son arena, limo y arcilla (Hernández y Guevara, 1994). De acuerdo a este relieve se pueden observar distintas unidades geomorfológicas (banco, sub-banco y bajío), en las cuales se desarrollan las sabanas naturales y tipos de bosque fisionómicamente diferentes: deciduos, sub-deciduos y siempreverdes, respectivamente (Silva, 1978). Además, en los bajíos y sub-bancos se desarrollan la vegetación de esteros (Sarmiento *et al.*, 1971), estando condicionadas por una alta disponibilidad de humedad del suelo y encontrándose exentas de elementos arbóreos o asociadas con formas arbóreas dispersas (Jurgenson, 1994).

La Reserva Forestal de Caparo (fig. 1) se caracteriza por una gran variedad de vegetación que va desde los bosques altos (30 m de altura), hasta las sabanas naturales y las sabanas antropogénicas, encontradas en los bancos y en las tierras bajas, bajíos y sub-bancos (Arends *et al.*, 1993). Las pasturas o sabanas antropogénicas están dominadas por gramíneas introducidas del Africa Tropical (Sarmiento *et al.*, 1971) y la presencia de estas es debido principalmente a un proceso de deforestación y de colonización agraria denominado “Sabanización”, el cual está regido por una dinámica de uso y apropiación de la tierra (Rojas, 1987), que causa altas perturbaciones en los ecosistemas. Por otra parte, según Allen (1985) citado por Linares (1992), los suelos bajo bosque natural y vegetación secundaria presentan cambios asociados a la

deforestación al evaluar los niveles de carbono orgánico, fósforo disponible, bases cambiables, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico y densidad aparente.

La Reserva forestal de Caparo, al igual que la de San Camilo y la de Ticoporo conforman la superficie de bosque estacional de los Llanos Occidentales de Venezuela, las cuales se han reducido considerablemente de 810.517 ha a 250.000 ha es decir, a un treinta por ciento de su extensión original, esto es debido principalmente a los procesos de deforestación y de colonización agraria, los cuales traen como consecuencia inmediata: la "sabanización" (Hernández y Guevara, 1994). La Reserva Forestal de Caparo ha venido experimentando estas transformaciones durante los últimos años especialmente debido a la implantación de pasturas. Los procesos productivos que se presentan desde la intervención del bosque original pueden seguir diferentes cursos, entre ellos: actividades forestales, agrícolas y/o ganaderas, que se van relacionando a través del espacio y del tiempo de acuerdo a las condiciones particulares de la región. Sin embargo, con el correr del tiempo es la actividad ganadera la que se impone abarcando las mayores extensiones (Ibarra, 1995). Esto involucra efectos ambientales como empobrecimiento y compactación de los suelos, disminución de la diversidad y cambios microclimáticos entre otros (Rojas, 1987; Torres, 1993). Estas perturbaciones en los ecosistemas inducen cambios biológicos, físicos y químicos del suelo que conducen a una serie de alteraciones que conllevan a la degradación de los mismos. La protección y el mantenimiento de los ecosistemas

naturales, así como la regeneración de los ecosistemas degradados requieren del conocimiento de los procesos biológicos implicados en el funcionamiento de los mismos, para poder implementar un manejo adecuado en cada uno de éstos (Barea, 1988).

Esto confirma la importancia que implica la realización de estudios que de alguna manera contribuyan a la comprensión del impacto que se produce en el proceso de transformación de los bosques originales a pastizales y para ello es importante el estudio de las Micorrizas Arbusculares (MA), las cuales son asociaciones mutualísticas que se establecen entre hongos del suelo y las raíces de plantas superiores (Barea, 1988). Esta es una simbiosis muy extendida, tanto desde el punto de vista de que la mayoría de las plantas son susceptibles de formarlas como de su distribución geográfica, ya que ha sido descrita en la mayoría de los hábitats naturales (Azcón y Barea, 1991).

Existen distintos tipos de micorrizas, entre los cuales el más extendido en la naturaleza es el de las ya mencionadas micorrizas arbusculares. Estas se caracterizan por la presencia de arbusculos, que son estructuras fúngicas que se forman por ramificación dicotómica repetida de las hifas del hongo dentro de las células de la corteza de la raíz que colonizan. A nivel de estos órganos se produce un gran incremento de la superficie de contacto entre el hongo y la planta y es ahí en donde se supone que tiene lugar el intercambio de nutrientes entre ambos simbioses (Barea *et al.*, 1991). En la mayoría de los casos, los hongos formadores de micorrizas

arbusculares producen también vesículas que son estructuras ovoides que se forman por ensanchamiento de hifas íter o intracelulares y que contienen una gran cantidad de glóbulos lipídicos. Estas vesículas se pueden formar intra o intercelularmente dependiendo del tipo de hospedero y actúan principalmente como órganos de reserva del hongo o en algunos casos son precursoras de las esporas (Barea *et al.*, 1991). Ambas estructuras daban nombre a este tipo de micorriza, anteriormente llamadas vesículo-arbusculares pero la constatación de que determinados hongos nunca producen vesículas dentro de la raíz ha determinado que se cambie su denominación por la de micorrizas arbusculares (MA). Por otro lado, en el exterior de las MA se desarrolla un micelio extramático que a modo de tela de araña se distribuye por todo el volumen de suelo circundante al sistema radical de la planta y contribuye a aumentar la efectividad en la adquisición de fuentes nutrimentales e hídricas de otro modo no disponibles (Barea, 1990; Gianinazzi y Azcón, 1991). En esta asociación el hongo proporciona a la planta nutrientes minerales, mientras que ésta le suministra productos carbonados procedentes de la fotosíntesis.

Por otra parte, las MA pueden ser afectadas por ciertas condiciones edáficas y entre ellas están las siguientes:

- Las condiciones fisico-químicas del sustrato, tales como: aireación, estructura, humedad, temperatura, pH, contenido de nutrientes, elementos tóxicos, y contenido de materia orgánica.

- Condiciones climatológicas como son: la intensidad y duración de la luz, temperatura, humedad.
- Las prácticas agronómicas, tales como: preparación del terreno, aplicación de abonos y agroquímicos, uso de biocidas, sistema de siembra y otros (Sieverding, 1984).

Respecto al funcionamiento de las micorrizas arbusculares (MA) en ecosistemas tropicales existe poca información. No obstante, se han reportado algunos resultados acerca de la micotrofia en bosques tropicales (Ferrer *et al.*, 1988, citado por Herrera *et al.*, 1995a), estudios sobre la influencia de la materia orgánica en la producción del micelio extramático y la influencia de las MA sobre la sucesión forestal (Herrera *et al.*, 1988, citado por Herrera *et al.*, 1995a). Además se han realizado estudios sobre las estrategias de funcionamiento de las MA (Herrera *et al.*, 1995a). Debido a esta información en los bosques de Caparo, las micorrizas arbusculares podrían tener un papel importante como indicadores del funcionamiento de cada ecosistema ya que:

- 1) Estas se encuentran en el 95% de las especies vegetales existentes, cuando estas crecen en condiciones naturales (Barea *et al.*, 1991).
- 2) Se ha señalado que las micorrizas influyen sobre el crecimiento de las plantas y el ciclaje de nutrientes, al mejorar la absorción de nutrientes (Azcón y Barea, 1991; Sieverding, 1984).

3) Influyen sobre la sucesión y la composición de las comunidades vegetales (Janos, 1980; Herrera *et al.*, 1984), puesto que existe cierta diferenciación en la distribución y acción de las especies de hongos micorrizógenos arbusculares de acuerdo a los estadios sucesionales en los bosques tropicales (Herrera *et al.*, 1995a).

4) Se ha comprobado que las MA son agentes muy importantes en la regeneración de ecosistemas perturbados debido a que pueden incrementar la obtención de agua y nutrientes así como el establecimiento y sobrevivencia de las plantas (Allen y Allen, 1984; Azcón *et al.*, 1984).

A nivel de ecosistema las micorrizas son muy importantes porque están implicadas en el ciclado de los nutrientes (Allen, 1991). Esta simbiosis mediante sus componentes puede captar directamente los nutrientes de la solución del suelo, almacenarlos en sus estructuras fúngicas e incorporarlos a las plantas hospederas; evitando de esta forma que se pierdan por lavado. Además, transfieren nutrientes y agua a la planta a través de redes de hifas (Christensen, 1989; Whittingham y Read, 1982; Mosse, 1981) e indirectamente interactúan con microorganismos del suelo para hacer más eficiente el uso de los nutrientes (Cooper, 1984).

Además, las micorrizas estimulan el crecimiento, el desarrollo y la nutrición de las plantas particularmente bajo condiciones donde los nutrientes son limitantes, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad (Saif, 1987, citado por McNaughton y Oosterheld, 1990). Los estudios llevados a cabo han puesto de manifiesto que dichos efectos se deben a que la micorriza mejora substancialmente la

absorción de nutrientes y agua por la planta (Barea, 1990). Por otro lado, altos niveles de nutrientes minerales pueden afectar el establecimiento de las micorrizas arbusculares. En algunos casos se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes afecta el número de esporas y en otros, se ha visto que se inhibe la implantación de las esporas germinadas en la raíz (Graham *et al.*, 1982).

Los disturbios que genera el proceso de "sabanización" sobre los factores edáficos y la composición de las comunidades vegetales pueden influir de forma negativa sobre la composición y distribución natural de los hongos micorrizógenos, así como de sus componentes (Collins *et al.*, 1991). En ecosistemas de pastizales generalmente se experimentan condiciones de pastoreo y compactación del suelo. Bajo estos severos disturbios el potencial de colonización micorrízica en las plantas se reduce (Allen y Allen, 1980, citado por Wallace, 1987; Bethlenfalvay *et al.*, 1984). Consecuentemente, la recuperación de estos ecosistemas perturbados puede depender del restablecimiento de los hongos micorrizógenos (Reeves *et al.*, 1979; Janos, 1983; Allen y Allen, 1988; Collins *et al.*, 1991).

En cuanto al papel que juegan las MA en la sucesión forestal los resultados reportados son contradictorios. Janos (1980) señaló que las especies pioneras no serán micorrízicas, mientras que las especies serales intermedias tienden a ser micótrofas facultativas y las de etapas serales maduras micótrofas obligatorias. Sin embargo, Herrera *et al.* (1995b) demostraron que las pioneras arbóreas, productoras de semillas muy pequeñas, presentaron dependencia micorrízica mayor que la de otra especie

perteneciente a estrategias sucesionales posteriores y con mayores reservas de cotiledones. Así mismo, Baylis (1975), sugirió que la dependencia de las especies vegetales de las MA está correlacionada también con la estructura de las raicillas y la abundancia de los pelos radicales.

Por otra parte, Brundrett *et al* (1988) citado por Sanders y Fitter (1992a), establecen que no existen patrones estacionales en los niveles de colonización micorrízica en bosques deciduos templados. Del mismo modo, McGanigle (1987) citado por Sanders y Fitter (1992b), encontró poca variación temporal en el total de la colonización MA en especies graminoides. Sin embargo, Barnola (1992), encontró que en la época húmeda los niveles de colonización son más altos que en la época seca en pastizales de Páramo Ardino.

Para analizar el papel de las micorrizas arbusculares sobre la sucesión y el impacto de la "sabanización" se acopló este trabajo al de Ibarra (1995), que analiza la "Sustentabilidad del uso ganadero en zonas de bosque húmedo tropical: mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos de los suelos. Un caso de estudio en la reserva forestal de Caparo". La información recopilada a partir de dicho trabajo se refiere a tipos de vegetación, análisis de nutrientes del suelo, textura, biomasa microbiana y la historia de las parcelas. Esta información fue relacionada con los componentes micorrízicos para tratar de comprender con mayor claridad el proceso de transformación de los bosques originales en pastizales.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis Generales

1.- Los innumerables cambios que genera el proceso de “sabanización” aunado a la gran heterogeneidad inherente de los bosques tropicales hace difícil el estudio de dicho ecosistema y sus faces sucesionales desde el punto de vista ecológico. Se plantea que las micorrizas arbusculares MA pueden ser un buen indicador de los cambios ecológicos que se presentan principalmente en el suelo, ocasionados por el proceso de “sabanización” independientemente de la heterogeneidad intrínseca del sistema.

2.- El bosque natural por su condición de estado de “clímax” y por presentar especies arbóreas evidenciará un funcionamiento micorrízico bien diferenciado en comparación con el de los pastizales.

Hipótesis Específicas

1.- El bosque natural por presentar especies arbóreas y tasas de renovación altas (bosque sin estera radical), presentará un componente externo escaso y un endófito elevado.

2.- La disminución de los componentes micorrízicos se deberá a los tipos de manejo (campesino y mecanizado) y el incremento de estos componentes estará asociado a las distintas etapas sucesionales de las parcelas.

3.- En el sistema de manejo campesino se espera encontrar valores más altos en los componentes micorrízicos que en el sistema de manejo mecanizado, debido a la menor perturbación del suelo y menor contenido de nutrientes, en el primer caso. En las parcelas con manejo mecanizado la disminución de los componentes micorrízicos se deberá al tipo de manejo y no a la especie de pasto utilizada (pasto estrella) debido a los altos valores de ocupación fúngica que presenta esta especie.

4.- En etapas tempranas de la sucesión y en las parcelas más perturbadas es de esperar una disminución en los componentes micorrízicos y un aumento en la proporción de los pelos radicales.

5.- El aumento en la diversidad y la distribución de especies del orden Glomales estará asociado al tipo de manejo y al avance de la sucesión en las parcelas.

Objetivo General

Evaluar algunas implicaciones ecológicas de las micorrizas arbusculares MA en el proceso de “sabanización” en la Reserva Forestal de Caparo .

Objetivos Específicos

1.- En la época húmeda, comparar el bosque con dos sistemas de reemplazo (pastizales), mediante el análisis de los componentes micorrízicos: % de colonización (%CM), % de densidad visual (%DV), comunidades de hongos Glomales, micelio externo de las MA (ME), endófito MA (ED) y cantidad de raicillas (FR).

2.- Comparar las variaciones de funcionamiento de las MA en las parcelas de pastizales en sucesión, a través del análisis de algunos componentes micorrízicos.

3.- Determinar la diversidad y la distribución de especies del orden Glomales tanto en las parcelas de pastizales como en la de bosque, mediante la cuantificación de los diferentes tipos de esporas.

4.- Evaluar la interrelación de los componentes micorrízicos con algunos parámetros físico-químicos del suelo (pH, textura, nutrientes, humedad relativa), así como con la biomasa microbiana, en las parcelas estudiadas.

AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo de los Llanos Occidentales de Venezuela (figs. 1 y 2). Geográficamente limita al Norte con el río Caparo desde los Islotes de Cachicamo hasta el río Toro Pintado. El Límite Este lo constituye un línea recta que parte desde el sitio Toro Pintado hasta la confluencia de los caños Anarú y Agua Linda. Por el Sur limita con el caño Anarú, en su confluencia con el caño Agua Linda, hasta el cruce con el lindero Oeste de la Reserva. El límite Oeste consiste en una línea recta con rumbo Norte que parte del caño Anarú y llega a los Islotes de Cachicamo en el río Caparo (Hernandez y Guevara, 1994) (fig. 2).

El Area Experimental de la Reserva se encuentra ubicada partiendo del Caño Anarú aproximadamente a $70^{\circ} 56' 40''$ Este y latitud $07^{\circ} 24' 43''$ Norte, hasta un punto de

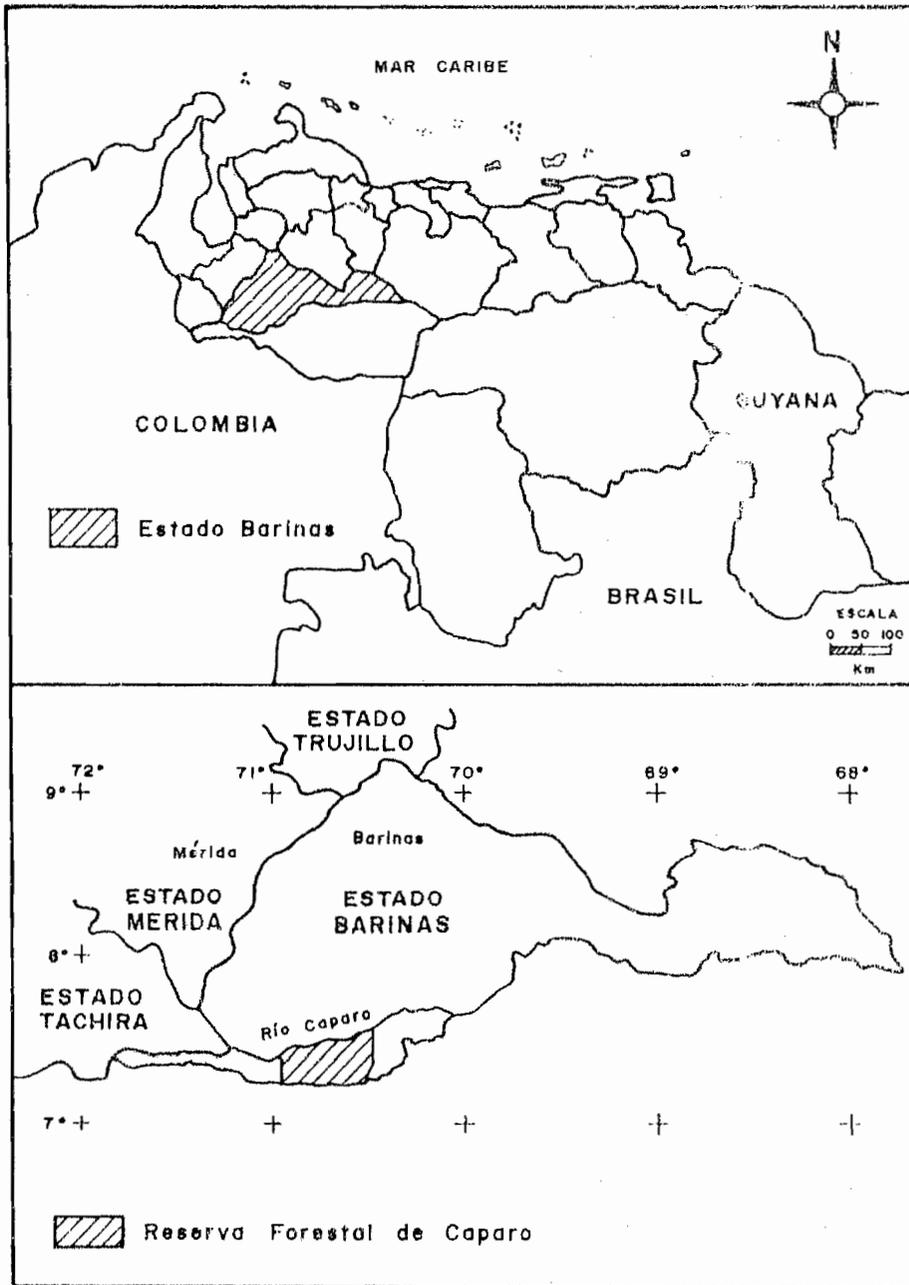
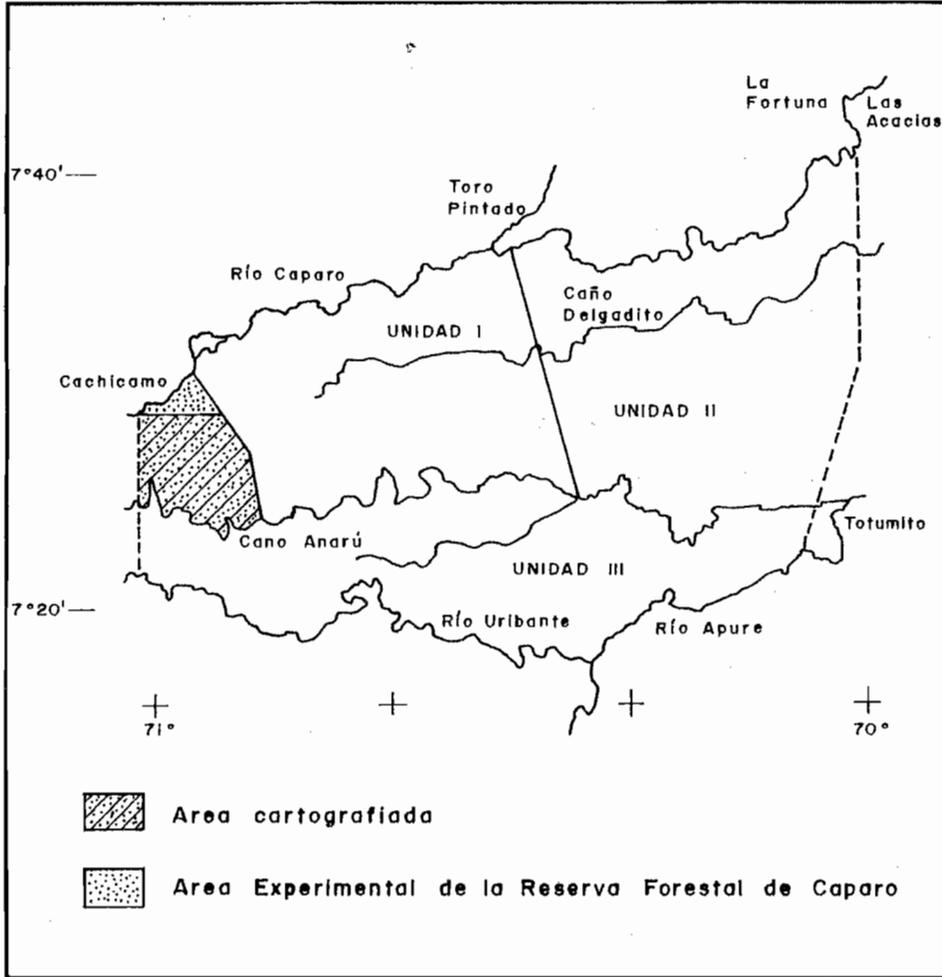


Figura 1. Ubicación de la Reserva Forestal de Caparo, a) en Venezuela, b) en el Edo. Barinas.



coordenadas 70° 57' 01" de longitud Este y latitud 07° 27' 14' Norte, por el norte esta limitada por una línea recta que parte del sitio conocido como Cachicamo con coordenadas 71° 33' 33" de longitud Este y 07° 28' 18" de latitud Norte y llega hasta el caño Anarú. Esta reserva se encuentra a una altura de 140 m snm. en el estado Barinas.(fig. 1).

La Reserva Forestal de Caparo tiene un promedio de precipitación anual de 1750 mm (1969-1978). El patrón de precipitación es unimodal, con un período de lluvias de abril a noviembre y una época seca con un mínimo de cuatro meses, entre diciembre y mayo. La temperatura promedio es de 24.6°C y las variaciones mensuales de ésta son de 3 a 4°C, las cuales son menores que las variaciones promedio diarias en la época de lluvia, (4-10°C), (Linares, 1992). (fig. 3).

Los suelos de la unidad geomorfológica de banco en Caparo son Alfis Dystropepts, pero pueden aproximarse a Aquic Eutropepts al incrementarse el contenido de arcilla. Ocupan entre el 20 y el 30% del área de la Reserva Forestal (Hase *et al.*, 1983, citado por Ibarra, 1995).

La constante variación fluvial ha generado en esta llanura aluvial una alternancia de capas de materiales en el perfil vertical (Pernía, 1993). Se han determinado tres

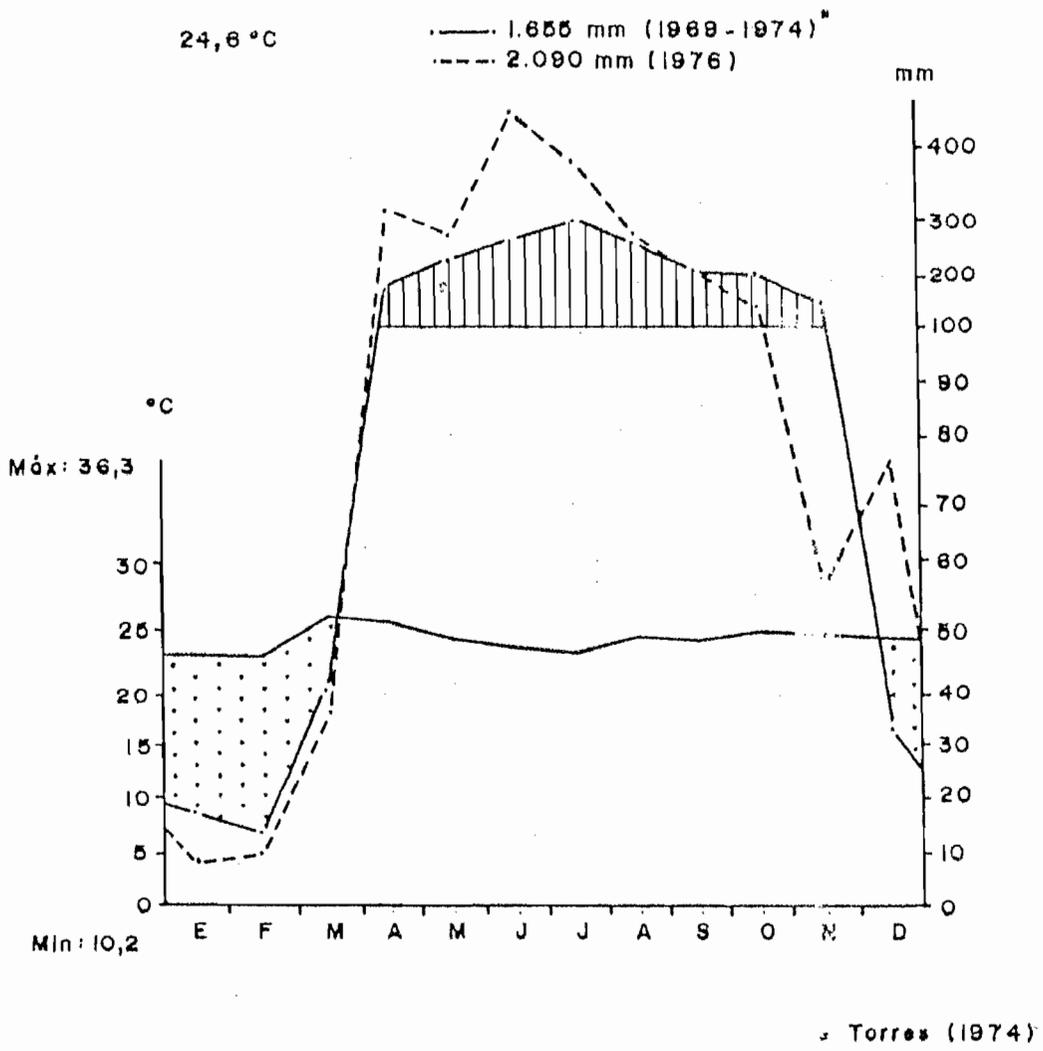


Figura 3 Climadiagrama de La Reserva Forestal de Caparo. Edo. Barinas.

☐ déficit de agua, □ agua utilizable, ▨ exceso de agua

condiciones típicas de los suelos de la Unidad I de la reserva forestal de Caparo en cuanto a las características del perfil vertical, constituyendo tres catenas de suelos:

Catena de suelo 1: Partiendo de un perfil arenoso profundo correspondiente a un antiguo dique del río y ubicado en posición alta (banco), esta serie muestra una gradual modificación de la textura en el estrato superior, el que se hace cada vez más fino hacia abajo. El sedimento inferior mayormente arenoso medio conserva su carácter. Con la modificación de texturas (texturas más finas) del suelo superior hacia las posiciones topográficas más bajas, aumenta también la tendencia a la inundación por aguas de lluvias y a la saturación del suelo en la época de lluvias. El agua que escurre superficialmente puede ocasionar localmente una erosión parcial en material limoso, creando un microrelieve de microterrazas. Las pequeñas terrazas islas sobresalen de 10-50 cm. sobre la superficie y en ella se concentra la vegetación.

Catena de suelos 2: puede tratarse de antiguas depresiones (bajíos), donde el carácter del material de relleno puede variar. El material arcilloso debajo de un estrato arenoso, limoso o franco constituye una barrera para la infiltración y contribuye a la gleyzación del suelo.

Catena de suelos 3: estos suelos pueden considerarse como eslabones finales de la serie 1 y 2. se trata de suelos de bajíos más profundos con carácter arcilloso predominante (Franco, 1982).

Por otro lado Vicent (1970), dice que los suelos de banco son livianos de textura franco arenosa o franco limosa, de estructura medianamente suelta y de drenaje moderado. La lixiviación es alta con remoción de sustancias solubles hacia los estratos inferiores. Los suelos de banco por lo general tienen menos fértiles que los de las tierras bajas.

En los llanos Occidentales se distinguen cuatro unidades principales de vegetación natural: bosques, sabanas estacionales, sabanas hiperestacionales y esteros. Además de estos cuatro tipos existen localizados hábitat restringidos y específicos de importancia secundaria tales como: pantanos estacionales, morichales, arbustales, palmares de *Atalea*, etc. Todas estas unidades son consideradas primarias; se encuentran asimismo comunidades secundarias originadas por la acción humana (Sarmiento *et al.*, 1971).

Los tipos de bosque que ocupan mayor superficie según la capacidad de drenaje dentro de la Reserva Forestal de Caparo son: 1) Selva decidua y subdecidua de banco, 2) Selva subsiempreverde de subbanco, 3) selva subsiempreverde de bajío, 4) Selva semidecidua de bajío, 5) selva decidua de bajío y 6) bosque ralo de bajío (Arends *et al.*, 1993).

Carrero y colaboradores (en prensa) citado por Arends *et al.* (1993), han recopilado información sobre áreas tipificadas, identificando cerca de doce tipos de vegetación en la Unidad Experimental estos son: selvas deciduas de bajío, de subbanco y de banco, selvas subdeciduas de bajío de subbanco y de banco, selvas subsiempreverde de bajío, de subbanco y de banco, selva siempreverde de banco, bosque ralo de bajío, rastrojos y otros (maporal, esteros, caños, etc.).

METODOLOGIA

1.- DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio se seleccionaron seis parcelas, todas en la unidad geomorfológica de banco: una parcela de bosque subdeciduo y cinco parcelas de pastizales. Dos de las parcelas estaban sometidas al manejo mecanizado y tres al campesino, bajo similares condiciones de suelo. En el sistema mecanizado se seleccionaron dos parcelas de pasto estrella con tres y seis años de sembradas, en las cuales el laboreo es intensivo. En el sistema de manejo campesino se estudiarán tres parcelas de pasto estrella, secuencialmente con uno, tres y cinco años de haberse sembrado, las cuales se encuentran adyacentes (figura 4).

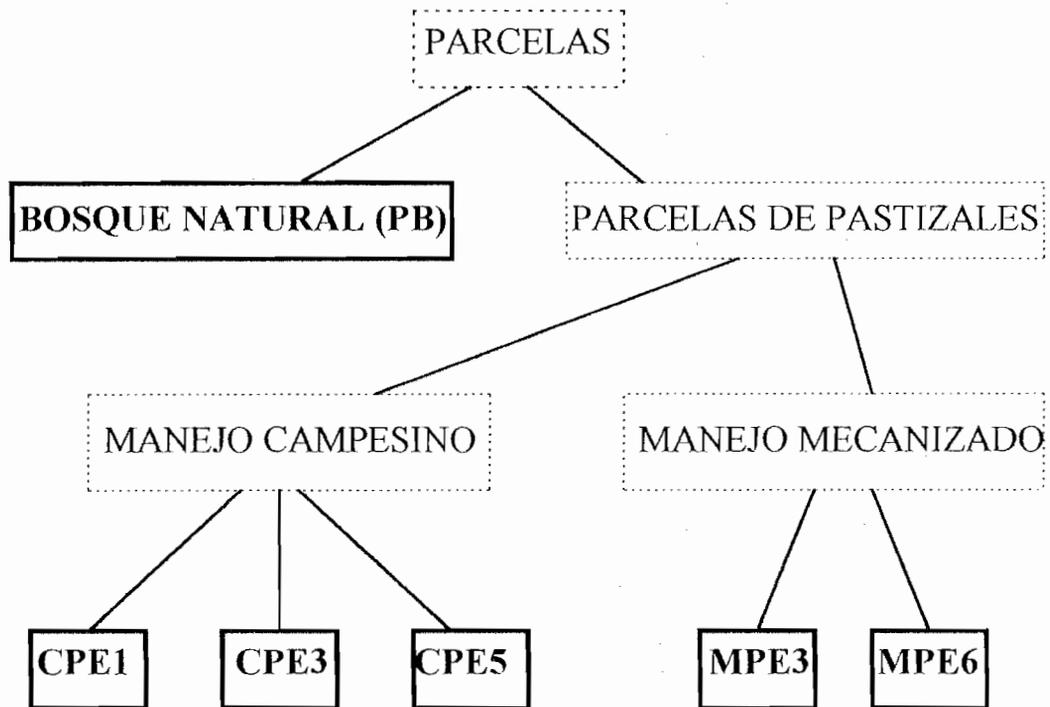


Figura No 4 **DISEÑO EXPERIMENTAL**. Todas las parcelas presentan tipo de suelo similares y las parcelas de pastizales poseen pasto estrella. CPE1, CPE3 y CPE5: parcelas de pasto estrella con uno, tres y cinco años de implantada. MPE3 y MPE6: parcelas de pasto estrella con tres y seis años de implantadas

2.- HISTORIA DE LAS PARCELAS

Los datos de la historia de las parcelas son obtenidos de la tesis de Ibarra (1995).

2.1.- PARCELA DE BOSQUE NATURAL (PB).

Es un bosque subdeciduo de banco sin ningún tipo de intervención. Tiene una extensión de 20 ha. Este bosque posee un índice de deciduidad entre 35-60%, tiene de 70 a 80% de cobertura vegetal. En esta unidad se pueden distinguir tres estratos: el primer estrato posee una altura de 30 m aproximadamente y las especies más características son: *Spondias mombin* (jobo), *Bombacopsis quinata* (saqui-saqui), *Terminalia sp* (guayabón), y *Sclerolobium sp* (zapato cacho). El segundo estrato es muy discontinuo e irregular, las especies más comunes son: *Attalea maracaibensis* (palma de agua), *Clarisia biflora* (charo), *Pouteria anibifolia* (chupón) y *Syagrus sancona* (palma sarare). El tercer estrato se caracteriza por las siguientes especies *Hybanthus prunifolius* (campanito), *Trichilia maynasiana* (guaramaco) y *Bactris major* (cubarro), (Vicent, 1970).

Los cuadros resumen la historia de cada parcela:

Años	No. de años	Uso de parcela	sigla
1970-1994	24	Bosq. original	B

2.2.- PARCELAS CON MANEJO CAMPESINO

a) Parcela de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella) de menos de un año (CPE1).

- Originalmente había hasta 1970 probablemente un bosque subdeciduo de banco.
- Extensión de la parcela 0.5 ha.
- Se sembró maíz y arroz y hace aproximadamente unos 15 años se sembró *Hyparrhenia rufa* (pasto argentino).
- Posteriormente se desarrolló un rastrojo por unos 10 años aproximadamente.
- En 1992 tumbaron el rastrojo con una máquina ranger y luego lo limpiaron con machete.
- En Agosto del 1993 sembraron pasto estrella manualmente utilizando pala. No se mecanizó y la limpieza la hicieron con charapo.
- No aplicaron urea ni herbicidas.
- El pasto estrella no se desarrollo, parece ser que no resistió la época seca muy extensa para el año de 1993, actualmente esta parcela presenta un aspecto de rastrojo.
- Esta parcela presenta una cobertura de un 60% por una especie conocida con el nombre de "Chirca", una compuesta no identificada.- La vegetación actual de esta parcela es la siguiente:-*Axonopus purpusii* (Mez.) Chase *Cyperus compressus* L. -*Cyperus luzulae* (L) Retz -*Panicum pilosum* Swartz. *Rhynchospora armeroides*. Presl.

Años	No. año	Uso de la parcela	
1971		Bosque original	B
1972-1973	2	Extracción de madera	EM
1974-1978	5	Bosque intervenido	BI
1979	1	Agricultura: maíz, arroz	AG
1980-1983	4	Pasto argentino	PA
1984-1991	8	Rastrojo	R
1992	1	limpieza y rastrojo	R
1993-1994	1	Pasto estrella	PE

b) Parcela de pasto estrella de 3 años (CPE3).

-Originalmente había probablemente bosque subdeciduo de banco.

-Extensión de la parcela 0.5 ha.

-Luego se sembró maíz y después pasto argentino aproximadamente hace 20 años el cual duro 4 años.

-El rastrojo se limpió con motosierra y charapo y sembraron maíz durante un año.

-Se desarrolló un rastrojo durante 8 años que fue limpiado con charapo y rastra conectada al tractor y luego se sembró el pasto estrella hace tres años.

-Se utilizaron los herbicidas Tordon y Matamaleza (tal vez gramonxone) y en el año 1994 se aplicó Tordon. - No se usaron fertilizantes químicos.

-Actualmente este potrero se encuentra muy enmalezado y el pasto estrella prácticamente ha desaparecido.

- Esta parcela presenta una cobertura de un 60% por una especie llamada *Malachra sp* (Mabla) de una altura promedio de 55 cm.

- La vegetación actual de esta parcela es la siguiente: -*Cyperus compresus*. L. -*Cyperus luzulae*. (L) Restz. -*Leptochloa virgata* (L) Beauv. -*Rynchospora armeroides* Presl.

Años	No. años	Uso de la Parcela	Sigla
1971	2	Bosque Original	B
1972-1973	1	Extracción de madera	EM
1974	1	Bosque intervenido	BI
1975	4	Agricultura: maíz, arroz	AG
1976-1979	8	Pasto Argentino	PA
1980-1987	1	Rastrojo	R
1988	2	Agricultura: maíz	AG
1989-1990	3	Rastrojo	R
1991-1994	3	Pasto Estrella	PE

c) Parcela de pasto estrella de 5 años (CPE5).

- Originalmente había probablemente un bosque subdeciduo de banco.
- Extensión de la parcela 0.5 ha.
- Extracción de madera hace 18 años.
- Se sembró pasto argentino hace 15 años.
- Rastrojo por 8 años.
- El pasto estrella se sembró hace 4 años.
- Previamente la parcela se limpio con motosierra y charapo, luego se pasó la rastra.
- Aplicaron urea a los tres meses de sembrado en el año 1993.
- Se le administraron tres aplicaciones de herbicida "Tornado 40".
- Durante 15 días cargaron el potrero con 40 reses aproximadamente, y luego lo descansan un mes durante el invierno.
- Actualmente el potrero se encuentra muy enmalezado habiendo desaparecido prácticamente el pasto estrella.
- Esta parcela presenta una cobertura del 80% de las especies *Malachra sp* (Mabla), *Sicla sp* (escobas), *Scoparia sp* (escobilla), la altura media de estas maleza era de 65 cm.
- La vegetación de estas parcelas es la siguiente: -*Cyperus compressus* L -*Carex* L.
Rhynchospora armeroides Presl.

Años	No. años	Uso de la parcela	Sigla
1971		Bosque original	B
1972-1973	2	Extracción de madera	EM
1974	1	Agricultura: maíz	AG
1975-1978	4	Rastrojo	R
1979-1982	4	Pasto argentino	PA
1983-1989	7	Rastrojo	R
1990-1994	4	Pasto estrella	PE

2.3.- PARCELAS CON MANEJO MECANIZADO

a) Parcela con pasto estrella de 3 años (MPE3).

-Originalmente había probablemente un bosque subsiempreverde de banco. Después sembraron arroz de secano por un período de 5 a 6 años luego se enrastró por un período de 5 años aproximadamente.

-El rastrojo se tumbo con maquinaria de oruga y sembraron plátanos y ocumo.

Formación del rastrojo.

-Se mecanizó para la siembra del pasto estrella, pasaron rastras de 3 a 4 veces y luego sembraron con estolones antes de la entrada de la época lluviosa. Una vez aplicaron urea al sembrar y el herbicida Tornado 101 lo usaron 1 o 2 veces.

-La carga fue de 2 unidades de animales/ha. Se carga por seis días el ganado en el potrero y luego se deja descansar de 15 a 20 días en la época lluviosa. En la época seca se deja descansar 35 días para igual carga de animal.

- Esta parcela presenta una cobertura de un 90% aproximadamente de Pasto Estrella.

Años	No. años	Uso de la Parcela	Sigla
1960		Bosque original	B
1961-1966	6	Agricultura de arroz	AG
1967-1971	5	Rastrojo	R
1972-1980	9	Platano, ocumo y cacao	AG
1981-1991	10	Rastrojo	R
1992-1994	3	Pasto estrella	PE

b) Parcela con pasto estrella de 6 años (MPE6).

-Originalmente había probablemente un bosque subsiempreverde de banco. Después sembraron arroz de secano y maíz por un período de 2 a 3 años luego se enrastrajo por un período de 4 años aproximadamente.

-El rastrojo se tumbo con maquinaria de oruga y sembraron plátanos y ocumo. El plátano duro aproximadamente 10 años.

-Se mecanizó para la siembra del pasto estrella, pasaron rastras de 3 a 4 veces y luego sembraron con estolones antes de la entrada de la época lluviosa. Una vez aplicaron urea al sembrar y el herbicida Tornado 101 lo usaron 1 o 2 veces.

-La carga fue de 2 unidades de animales/ha. Se carga por seis días el ganado en el potrero y luego se deja descansar de 15 a 20 días en la época lluviosa. En la época seca se deja descansar 35 días para igual carga de animal.

- Esta parcela presenta una cubierta de Pasto estrella en un 85%

Años	No. años	Uso de la parcela	sigla
1960		Bosque original	B
1961-1964	4	Sin datos	SD
1965-1966	2	Agricultura:maíz y arroz	AG
1967-1970	4	rastrojo	R
1971-1980	10	Plátano, ocumo y cacao	AG
1981-1987	7	Rastrojo	R
1988-1994	6	Pasto estrella	PE

NOTA: La tabla 1a, muestra los datos físico-químicos y microbiológicos de las parcelas antes mencionadas. (Ibarra, 1995). La tabla 1b, señala las especies vegetales dominantes en cada parcela de pasto estrella.

Tabla 1a. Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos de los suelos de las parcelas seleccionadas en la Reserva Forestal de Caparo

PROPIEDADES FÍSICAS

Parcelas	Porosidad %	tiempo de infiltración	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase de textura
CPE1	48	21.52	36	18	46	F
CPE3	42	2.91	54	16	30	Fa
CPE5	42	21.11	64	12	30	Fa
PB	45	3.65	58	12	30	Fa
MPE3	46	43.03	25	18	51	Fl
MPE6	49	48.00	28	18	54	Fl

PROPIEDADES QUÍMICAS

Parcelas	pH agua 1:1	C organico %	% Mat. organica	(mg/kg suelo)			C/N	Biomasa microbiana mgN/Kg suelo
				N total	N mineral NO3	NH4		
CPE1	5.65	2.74	4.72	0.21	33.69	0.61	13.05	36.85
CPE3	5.7	2.58	4.44	0.15	21.44	1.72	17.20	60.62
CPE5	5.8	2.74	4.72	0.14	19.13	0.42	19.57	23.55
PB	5.2	1.83	3.15	0.14	13.22	4.39	13.07	96.77
MPE3	5.8	191	312	0.16	18.90	2.30	10.90	41.34
MPE6	5.7	1.93	3.33	0.18	19.40	3.82	10.76	60.23

	P ext (KB) (ppm)	Saturación de bases %	Acidez	Al	H	(meq/100mg)				
						C.I.C.	Ca	Mg	K	Na
CPE1	18.2	61.48	0.05	0.03	0.02	11.45	3.99	2.19	0.72	0.14
CPE3	7.7	40.63	0.05	0.03	0.02	9.45	1.92	1.39	0.42	0.11
CPE5	18.9	47.03	0.05	0.03	0.02	7.25	1.66	1.16	0.44	0.15
PB	11.9	44.83	0.08	0.05	0.03	7.45	1.35	1.60	0.28	0.11
MPE3	3.5	59.30	0.03	0.02	0.02	9.75	3.45	2.05	0.58	0.15
MPE6	2.8	55.50	0.04	0.02	0.02	10.45	3.22	2.07	0.36	0.15

Tabla 1.b. Muestra las parcelas de pastizales, CPE1, CPE3 y CPE5 parcelas con pasto estrella con manejo campesino, MPE3 y MPE6 parcelas con pasto estrella con manejo mecanizado, cada una con su correspondiente vegetación.

Parcelas	Especies dominantes
CPE1	<i>Axonopus purpusii</i> <i>Cyperus compresus</i> L. <i>Cyperus luzulae</i> <i>Panicum pilosum</i> <i>Rhynchospora armeroides</i> Cobertura 60% "Chirca"
CPE3	<i>Cyperus compresus</i> <i>Cyperus luzulae</i> <i>Leptochloa virgata</i> <i>Rhynchospora armeroides</i> Cobertura 60% <i>Malachra sp</i>
CPE5	<i>Cyperus compresus</i> <i>Carex</i> <i>Rhynchospora armeroides</i> 80% <i>Malachra sp</i> , <i>Sicla sp</i> , <i>Scoparia sp</i>
MPE3	Cobertura 90% Pasto estrella
MPE6	Cobertura de 85% Pasto estrella

3.- MUESTREO

En la época húmeda, en el mes de octubre 1994, se colectaron cinco muestras de suelo al azar en cada parcela, estas fueron colectadas en monolitos de 10x10x10 cm. Posteriormente las muestras se transportaron al laboratorio en bolsas plásticas y se dejaron secar al aire. Paralelamente en cada parcela se tomaron cinco muestras de suelo en recipientes metálicos para determinar el contenido de humedad del suelo por el método gravimétrico.

4.- VARIABLES A MEDIR

4.1.- Análisis de suelo:

Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del suelo. (Datos tomados de Ibarra (1995) (ver tabla 1).

4.1.- Análisis de los componentes micorrízicos y radicales:

Los componentes micorrízicos y radicales que se determinaron fueron: % de colonización MA (%CM) , % de raicillas con pelos radicales (%PR), % de densidad visual de endófito (% DV), biomasa de raicillas (FR), micomasa del endófito MA (ED), micomasa del micelio externo (ME), y comunidad de esporas (NTE).

5.- METODOLOGIA SOBRE LA SEPARACION DE LOS COMPONENTES MICORRIZICOS MA.

5.1.- Separación de los componentes micorrízicos MA.

- Para la extracción de esporas y separación de los componentes micorrízicos se utilizó el método reportado por Herrera et al. (1995a), el cual permite eliminar toda la arcilla, limo y humus (menores de 43 μm) de las 30 muestras a analizar (esquema 1 y 2). Este consiste en:

- a) Inmersión de 100 g. de suelo en solución de peróxido de hidrógeno 1.5%, durante una hora.
- b) Se pasa toda la muestra por dos tamices con malla de 125 μm y de 43 μm . Se lava con abundante agua cuidando que no se desborde el tamiz inferior.
- c) Batir el tamizado mayor de 125 μm en una licuadora doméstica a 6500 r.p.m. durante 30 segundos, y pasar nuevamente por el mismo tamiz para recolectar el resto en el de 43 μm .
- d) Batir el tamizado menor de 43 μm en la licuadora durante 60 segundos a 10000 r.p.m., volviendo de nuevo al tamiz de 43 μm para lavar con agua.
- e) Filtrado al vacío de los tamizados en embudo Buchner con papel de filtro.

f) Secado al aire de las muestras hasta peso constante.

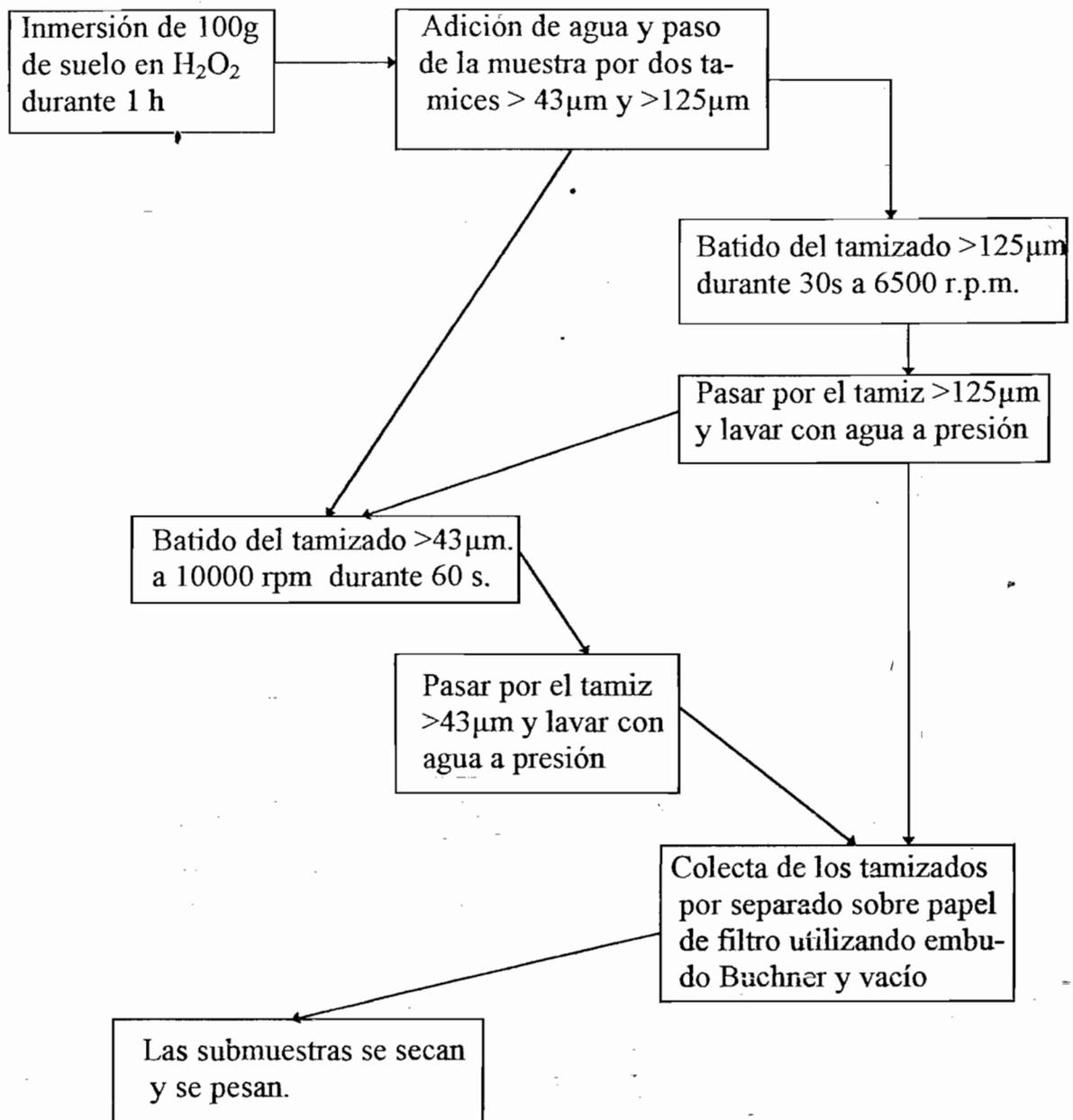
5.2.- Extracción y cuantificación de las poblaciones de esporas y especies de hongos MA.

a) Después de secos y una vez pesados ambos tamizados, se toman del mayor (125 μm), el 10% por peso y del menor (43 μm) el 5% por peso, luego las muestras se humedecen y se centrifugan a 2500 r.p.m. en un gradiente de sacarosa 2M.

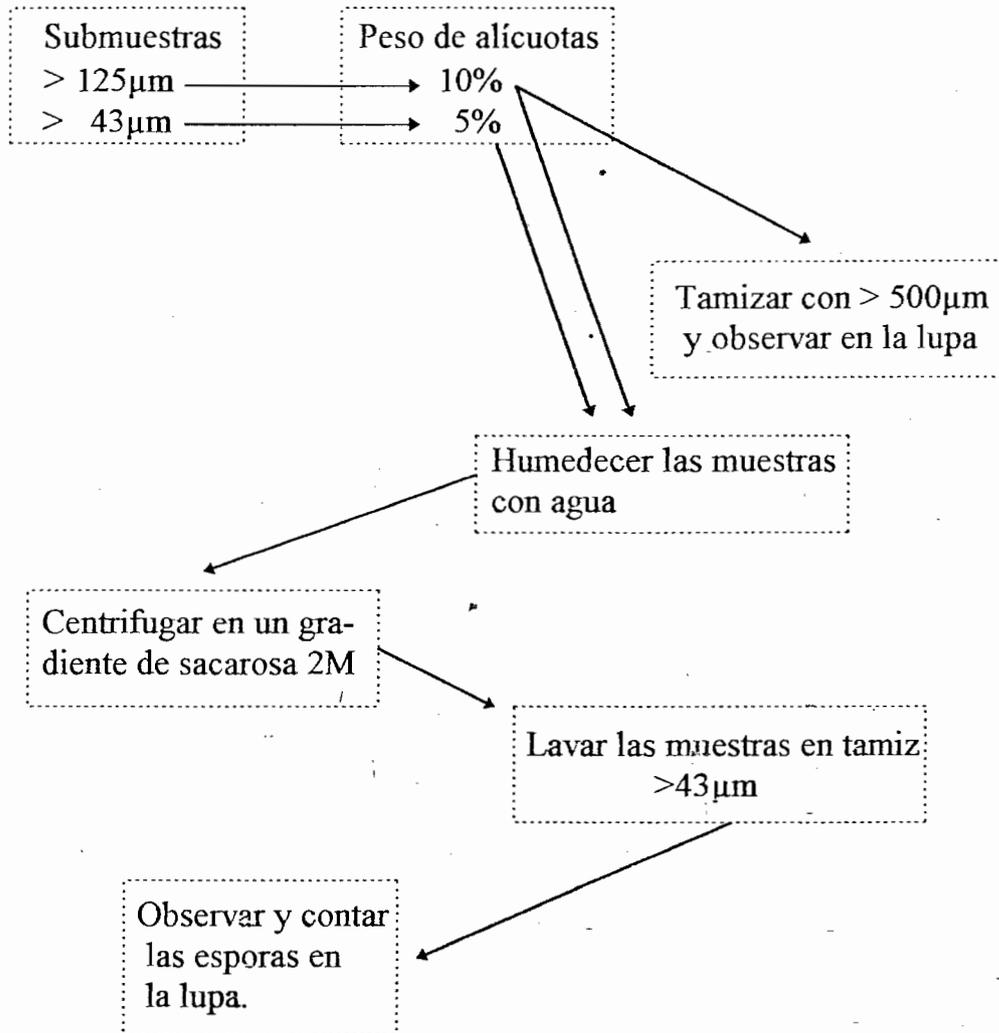
b) Antes de centrifugar el tamizado mayor de 125 μm , éste es pasado a través de un tamiz de 500 μm para eliminar las raicillas y fragmentos grandes que impiden la recuperación del material presente en la interfase. Este tamizado mayor de 500 μm es revisado en la lupa para confirmar la presencia o ausencia de esporocarpos o esporas grandes.

c) Una vez cetrifugadas, las muestras se observan en la lupa con aumento de 50X. Las especies conocidas se contarán directamente; sin embargo, en numerosas ocasiones es necesaria la extracción de las esporas para la determinación de la especie o tipo con la ayuda del microscopio.

d) Las especies o tipos son clasificadas de acuerdo a sus características taxonómicas: forma, color, unión hifal, etc.



Esquema 1 Separación de los componentes micorrízicos



Esquema 2 Extracción y cuantificación de esporas

5.3.- Cuantificación de raicillas y endófito MA (ED).

Del tamizado mayor (125 μm) ya pesado, se separa la fracción mayor de 500 μm . En dicha fracción, por cuarteos sucesivos, es pesada una submuestra entre 0.3-06 g. y a partir de la cual son separadas y pesadas las raicillas para la estimación de su porcentaje en la muestra. Cada submuestra se procesa por el método tradicional de tinción con azul de tripán (Phillips y Hayman, 1970).

1.- Inmersión de las submuestras en KOH al 10% en beaker de 100 ml. aproximadamente. Calentar a 90°C durante 1h en baño de María.

2.- Lavado de las submuestras con agua corriente.

3.- Inmersión en HCL 1N durante 15 minutos.

4.- Eliminación de HCL sin lavar y adición de azul de tripán al 0.05% en lactoglicerina, dejando reposar por una hora.

6.- Lavado e inmersión en lactoglicerina fresca para eliminar el exceso de colorante.

7.- Una vez teñidas las muestras, de peso conocido son observadas en estereomicroscopio en una placa de Petri plástica con retículo de 0.5", contando el total de intersecciones de raicillas en 3-4 de las líneas y extrapolando después al total de líneas existentes en la placa. La intersecciones de raicillas son calificadas en 6

categorías: -M (sin endófito), M1, M2, M3, M4, M5 (con 1,0; 2,5; 15.5; 35.5; y 47.5% (método de Trouvelot *et al.*, 1986, modificado por Herrera *et al.*, 1995a).

Esta metodología (esquema 3), permite estimar las proporciones de densidad visual (DV) que han demostrado ser en otros ensayos, útiles para la determinación aproximada de la micomasa de endófito en las raicillas: ED. Para la obtención de este parámetro se utiliza la siguiente ecuación:

$$ED = \%DV (FR/100)$$

Donde FR es la fitomasa de raicillas.

Además, esta metodología permite determinar la ocupación fúngica (OF) y los porcentajes de colonización (%CM) y de pelos radicales (%PR), utilizando las siguientes fórmulas:

$$OF = [ED / (\%CM * FR)] * 100$$

$$\%CM = \frac{N^{\circ} \text{ de segmentos colonizados}}{N^{\circ} \text{ total de segmentos}} * 100$$

N° total de segmentos

$$\%PR = \frac{N^{\circ} \text{ de segmentos con pelos radicales}}{N^{\circ} \text{ total de segmentos}} * 100$$

N° total de segmentos

5.4.- Cuantificación del micelio extramático (ME).

Se emplea la metodología reportada por Herrera *et al* (1986) citada por Herrera *et al* (1995a) (esquema 4); que consiste en colocar submuestras de 0.04g de las fracciones finas de tamizados (43-125 μm y 125-500 μm) por separado, bajo cubreobjetos de 22x22 mm. y dispersados con glicerol. En estas submuestras se cuentan todas las intersecciones del ME con dos líneas imaginarias verticales y dos horizontales que pasan a ambos lados del centro del cubreobjeto. Para las mediciones se utiliza microscopio. Las líneas de medición son revisadas en profundidad y longitud. La media de las intersecciones presentes en las cuatro líneas se multiplican por el factor 0.000745, el cual, permite estimar el peso del ME en miligramos presente en la submuestra.

6.- INDICES DE DIVERSIDAD

- Los valores del número total de especies (S),
- El índice de diversidad de Simpson o de concentración (C), este índice de predominio se define como la sumatoria de las proporciones que representa el número de individuos de las especies de la muestra en relación al número total de individuos total de la muestra y oscila entre 0 y 1. Este índice será mayor a en la medida que un mayor número de individuos se concentren en unas pocas especies.

-El índice de la serie de Hill, $N_0=S$, $N_1=$ mide el número de especies abundantes de la muestra, y $N_2=$ mide el número de especies muy abundantes de la muestra.

-El índice de diversidad de Pielou (J), que expresa que proporción representa H' de su valor máximo posible (cuando cada especie de la muestra tiene solo un individuo, lo cual es la situación máxima de equitatividad) esto quiere decir que cuando $J'= 1$ la equitatividad es máxima y mínima si $J'= 0$, este índice es sensible al incremento de especies marginales, sobre todo en muestras donde S es pequeña.

-El índice de diversidad de Shannon y Weaver (H), representa el índice de diversidad general.

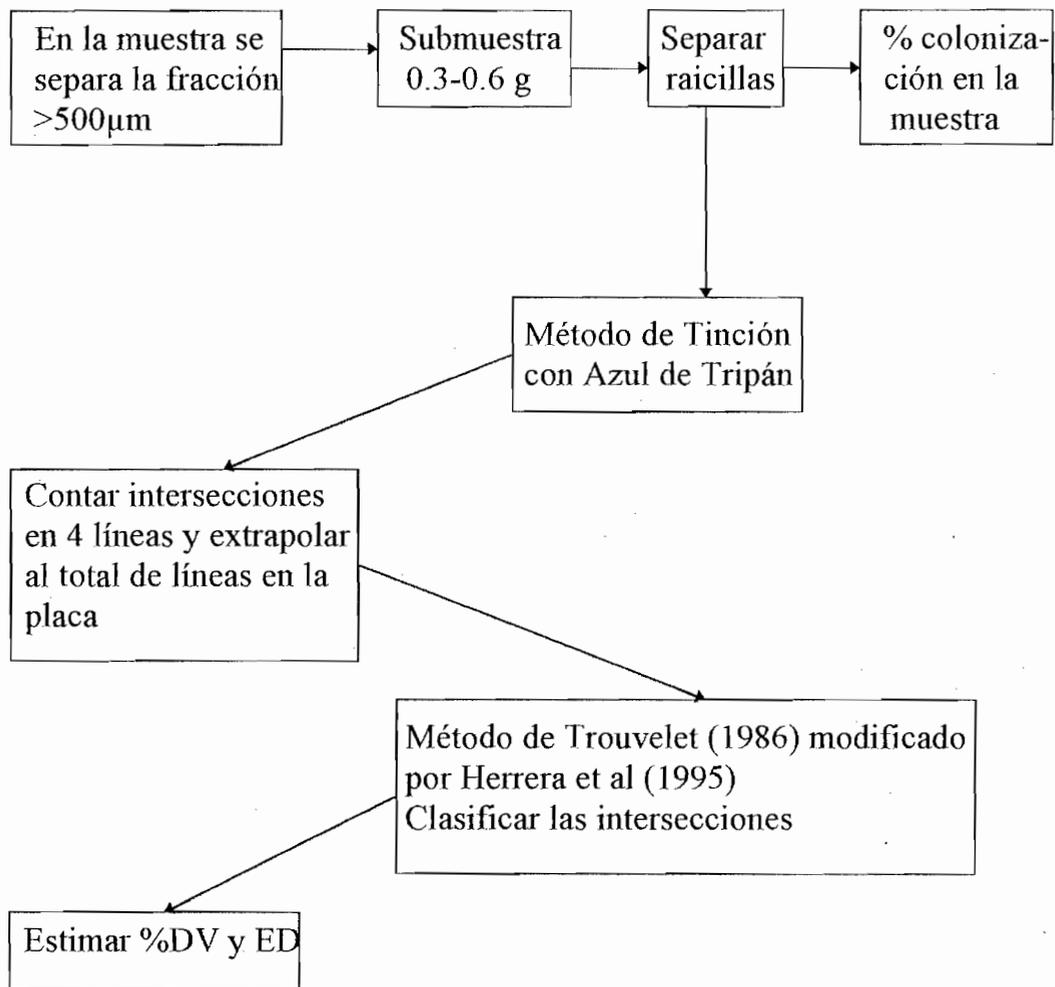
-El índice E5 es el que muestra independencia de las variaciones de S este oscila entre valores de 0 y 1.

-El índice de diversidad de Fisher (d) o riqueza de especies.

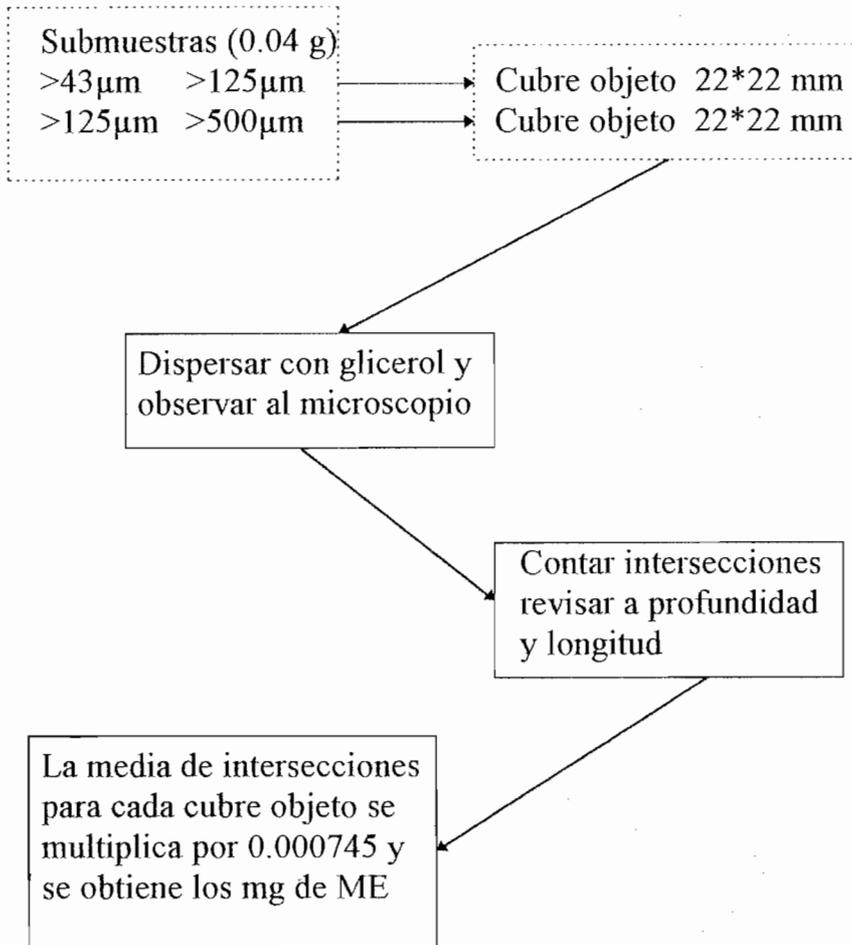
7.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS

7.1.- Variaciones del Funcionamiento de las MA en las parcelas

Estos resultados incluyen el análisis de las fitomasas de raicillas (FR), humus bruto acumulado en el suelo (HB), micelio extramátrico (ME), endófito (ED), número total (todos los tipos sumados) de esporas (NTE), densidad visual (%DV), colonización micorrízica (%CM) y las relaciones entre los siguientes componentes: ME/ED, ME/FR y NTE/ME.



Esquema 3 Cuantificación de raicillas, % de colonización, % de densidad visual y endófito



Esquema 4 Cuantificación de micelio externo (ME).

Para el análisis estadístico los resultados fueron procesados por ANOVA de una sola vía y además el test estadístico Kruskal Wallis (estadística no paramétrica), para observar las diferencias significativas entre las medias de los resultados.

También fueron aplicados varios análisis de componentes principales (ACP) (Gauch, 1982) y de análisis de Correspondencia (ACO), con el propósito de conocer las relaciones entre los componentes micorrízicos, las variables edáficas físico-químicas y la biomasa microbiana (tabla 1) en conjunto.

7.2.- Variaciones de la Diversidad del Orden Glomales en las parcelas.

Se utilizaron los métodos disponibles en la literatura para analizar la diversidad de las especies o tipos de esporas del orden Glomales. Fueron analizados los cambios de diversidad de glomales ocasionados por el tipo de manejo de los pastizales en comparación con lo que sucede en el bosque natural.

A los resultados se les aplicó un análisis estadístico, ANOVA y el test Kruskal Wallis, para observar si hay diferencias significativas entre los resultados.

A los resultados se les aplicó un análisis de Correspondencia (ACO) con el propósito de analizar los datos de las especies, los componentes micorrízicos, variables edáficas y biomasa microbiana en conjunto.

RESULTADOS Y DISCUSION

1.- ORDENAMIENTO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y DE LAS VARIABLES EDÁFICAS:

El Análisis de Componentes Principales (ACP) de las parcelas (fig. 5) muestra que en el ordenamiento producto de esta determinación, el primer componente (F1) explica el 55.02% de la variación total y el segundo (F2) explica el 27.59%.

Los promedios de las muestras de las parcelas indican una separación significativa entre la parcela de bosque (PB) y las parcelas de pastizales. Dentro de las parcelas de manejo campesino se puede ver una secuencia de acuerdo a los años de implantación y abandono de las pasturas, que corresponden a las parcelas con uno (CPE1), tres (CPE3) y cinco (CPE5) años en sucesión vegetal. Por otro lado, las parcelas con manejo mecanizado con tres (MPE3) y seis (MPE6) años de implantada la pastura, no presentan una tendencia determinada, esto se debe posiblemente al tipo de manejo al cual han sido sometidas estas parcelas, lo que indica que el grado de perturbación en éstas es mayor (fig. 5).

En el ordenamiento obtenido con las variables edáficas (datos tomados de Ibarra, 1995) se observó una correlación positiva entre las variables H, Al, P, CO, % de Arena, biomasa microbiana y % de saturación de bases y a la vez con el primer eje. Así mismo, éstas se correlacionan negativamente con las variables porosidad, % de Limo, % de Arcilla, Na, pH, C.I.C., Mg, Ca, C/N, tiempo de infiltración, Nitrógeno total y MO. Estos resultados sugieren la existencia de un gradiente de Textura-Nutrientes, que expresa las variaciones en la textura asociadas a los nutrientes del suelo en las parcelas (fig. 6), resultados que concuerdan con los análisis realizados por Ibarra (1995).

Al comparar el ordenamiento mediante el análisis de Componentes Principales (ACP) de las unidades de muestreo (fig. 5) y de las variables edáficas (fig. 6), se puede indicar al igual que en el análisis de Ibarra (1995) que es posible establecer grupos de parcelas en cuanto al contenido de nutrientes. De acuerdo con los elementos N, C, Ca, Mg y K: la parcela de bosque posee un bajo contenido de nutrientes, las parcelas CPE3 y CPE5 presentan un contenido de nutrientes medio y las parcelas CPE1, MPE3 y MPE6, un contenido de nutrientes alto, que serán interpretadas posteriormente.

Además, las diferencias en las historias de uso y manejo de las parcelas consideradas podría ser determinante en la agrupación de las mismas. Según las

propiedades químicas determinadas para cada parcela, se puede suponer que el reemplazo del ecosistema boscoso original por los pastos significó un incremento de los nutrientes en el suelo. Por otro lado, el contenido de nutrientes va disminuyendo a medida que aumentan los años de implantación y abandono de las parcelas de pasto estrella sometidas a manejo campesino (CPE1, CPE3 y CPE5). Por otra parte, se puede ver que el bosque se separa de las parcelas de pastizales no sólo por el bajo contenido de nutrientes si no también por la mayor cantidad de biomasa microbiana, mientras que las parcelas de pasto estrella presentan un contenido mayor de nitrógeno total, de carbono y una menor biomasa microbiana.

En cuanto al eje de textura que se presenta, se pueden separar las parcelas en dos grupos. El primero agrupa la parcela de bosque (PB) y la parcela de pasto estrella de cinco años (CPE5) mientras que el segundo grupo lo componen las parcelas de pasto estrella de manejo mecanizado de tres y seis años (MPE3 y MPE6) y las parcelas de manejo campesino de uno y tres años de implantadas (CPE1 y CPE3) alejándose esta última de su grupo. Según los análisis de Ibarra (1995) esta separación de las parcelas en dos grupos permite establecer la hipótesis de que originalmente éstos pertenecían a dos formaciones boscosas diferentes.

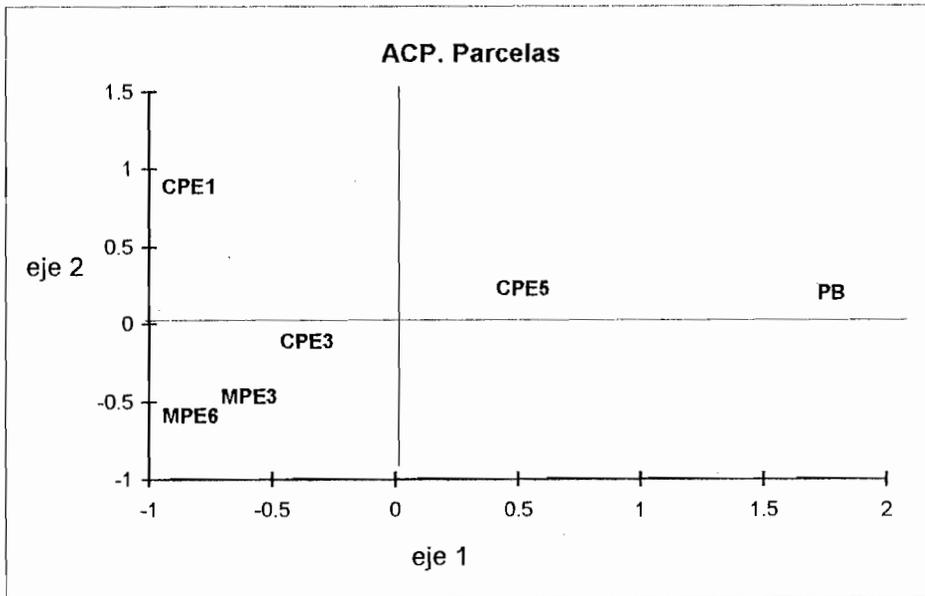


Fig. 5 Distribución de las parcelas sobre el plano de ordenamiento, mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP). PB: Bosque; CPE1, CPE3 y CPE5: parcelas de pasto estrella con uno, tres y cinco años de implantada utilizando manejo campesino. MPE3 y MPE6: parcelas de pasto estrella con tres y seis años de implantada utilizando manejo mecanizado.

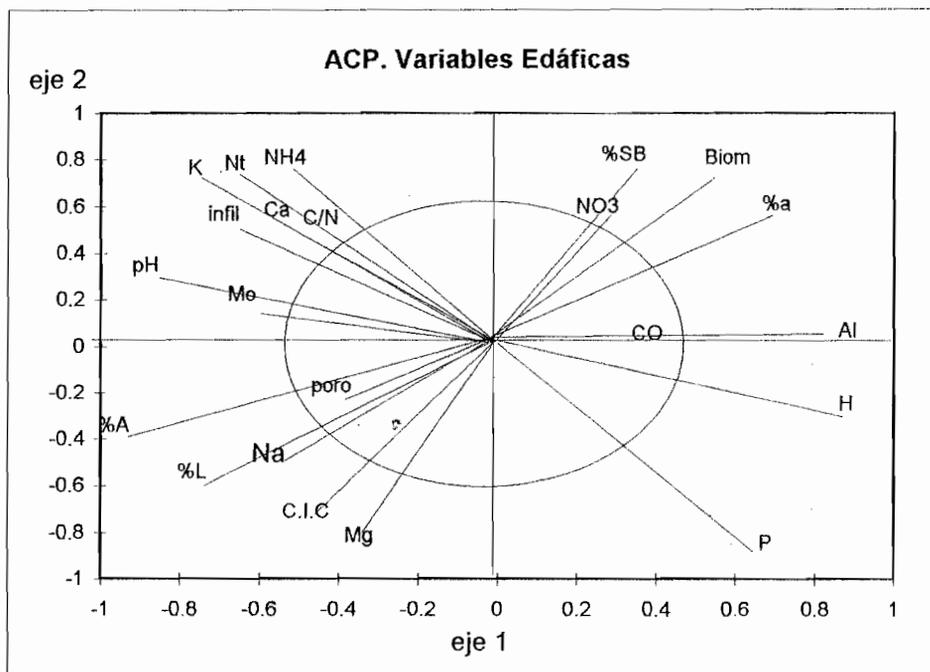


Fig. 6 Correlación de los factores edáficos con los dos primeros ejes del Análisis de Componentes principales (ACP). %a: %arena, %A: %arcilla, %L: %Limo, C.I.C: capacidad de intercambio catiónico, INFIL: infiltración, Nt: Nitrogeno total, MO: materia orgánica, Biom: Biomasa microbiana, Poro: porosidad, C/N: relación de carbono/nitrogeno CO: carbono Orgánico.

2.- VARIABLES ASOCIADAS A LA MICORRIZACIÓN Y COMPONENTES MICORRÍZICOS:

Para determinar la actividad micorrízica de un suelo, es necesario evaluar todos los componentes y las variables asociadas a la simbiosis (Herrera et al 1995a). Se ha determinado que por sí solos estos componentes no representan una estimación de la dinámica de esta asociación y es difícil establecer que funcionalidad esta ejerciendo cada uno por separado. Debido a esto, se resaltarán la dinámica de algunos componentes de asociación micorrízica que son importantes en el funcionamiento y eficiencia de la simbiosis dentro de los ecosistemas estudiados. El significado de estos componentes es el siguiente:

-ME: Micelio extramático arbuscular, son hifas externas las cuales exploran el volumen del suelo alrededor de la raíz a modo de tela de araña y facilitan la captación de nutrientes del suelo.

-ED: Endófito arbuscular constituido por las estructuras del hongo micorrizógeno arbuscular dentro de las raicillas de las plantas, este hongo es formador de arbusculos los cuales son estructuras de intercambio entre la planta y el hongo, el micelio interno tiene la función de interconexión y transporte; en algunos casos se forman vesículas, como estructuras de almacenamiento.

-Fitomasa Raicillas: Son los órganos de la planta que forman la asociación simbiótica mutualística con los hongos micorrizógenos arbusculares.

-% Colonización Micorrízica: Proporción de raicillas colonizadas por el endófito sin tomar en cuenta la intensidad de la misma.

-% Densidad Visual: proporción de la densidad de colonización del endófito en las raicillas.

-Esporas: Son las estructuras de latencia de los hongos micorrizógenos, además son el único medio para el reconocimiento taxonómico de las especies de glomales.

-Ocupacion Fúngica: Estima la cantidad de micomasa fúngica por fitomasa de raicillas colonizadas.

3.-VARIABLES ASOCIADAS A LA MICORRIZACIÓN:

a) Fitomasa de Raicillas (FR):

Los valores promedio para la variable fitomasa de raicillas cuantificadas en las parcelas estudiadas oscilaron desde 0.50 hasta 2.75 g de raicillas por dm^3 de suelo. Se puede observar que el bosque presenta valores significativamente más altos en la fitomasa de raicillas con respecto a los encontrados en las parcelas con pasto estrella. Por otro lado, los resultados de fitomasa de raicillas muestran diferencias significativas

($F = 26.27$, $P = 0.00055$) con respecto a los tipos de manejo (campesino y mecanizado), presentándose valores más altos en las parcelas sometidas a manejo campesino; sin embargo, no hay diferencias en los resultados obtenidos entre las parcelas agrupadas en cada manejo. (Tabla 2)

b) Porcentaje de los pelos radicales (%PR):

Los valores promedio para las parcelas en estudio de la variable pelos radicales, que representa la proporción de raicillas con pelos radicales, se presentan en la Tabla 2. Estos valores oscilaron entre 7.49% y 20.46%. No se observaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre las parcelas de manejo campesino y la parcela de bosque, exceptuando la parcela de tres años, la cual presenta el mayor porcentaje de pelos radicales y difiere considerablemente de las demás parcelas. Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre las parcelas de los dos tipos de manejo, campesino y mecanizado, así como entre estas últimas y la parcela de bosque.

c) Humus bruto (HB):

Para la fracción de materia orgánica del suelo comprendida entre 0.043-2.000 mm, los valores promedio oscilaron entre 17,43 y 34.86 g/dm³ (Tabla 2). Estos

valores no presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre las parcelas estudiadas.

Tabla 2. Los promedios de las variables Raicillas (FR) (g/dm^3), porcentaje de raicillas con pelos radicales (%PR) y Humus Bruto (HB) (g/dm^3), para cada una de las parcelas.

Parcelas	FR (g/dm^3)	%PR	HB (g/dm^3)
CPE1	1.166b	6.12a	21.71a
CPE3	0.931ab	20.46c	17.43a
CPE5	1.253b	7.79a	22.69ab
PB	2.746c	7.49a	34.86b
MPE3	0.505a	16.80b	20.75a
MPE6	0.503a	13.55b	23.53ab

4.-COMPONENTES MICORRIZICOS

4.1.- Componentes Extraradicales:

a) Micomasa de micelio externo (ME):

Con respecto a los valores de micelio externo (ME), éstos oscilan entre 54.26 y 168.97 mg/dm^3 (Tabla 3). Al comparar estos resultados no existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los valores más altos encontrados en la parcela de Bosque (PB) y en la parcela de cinco años (CPE5), así como también, entre los

valores más bajos encontrados en las parcelas de manejo mecanizado (MPE3 y MPE6). Sin embargo, sí se observan diferencias al comparar los valores de las parcelas (PB y CPE5) con respecto a las demás parcelas (CPE1, CPE3, MPE3 y MPE6). Por otro lado, no hay diferencias significativas entre la parcela de manejo campesino de tres años (CPE3) y las de manejo mecanizado de tres (MPE3) y seis años (MPE6), mientras que si existen tales diferencias entre estas últimas y las parcelas CPE1 y CPE5. De acuerdo con estos resultados es interesante destacar que en cuanto a esta variable (ME), los tipos de manejo influyen considerablemente.

Dentro de las parcelas con manejo campesino, la parcela CPE3 que posee valores inferiores comparativamente con los valores observados para las parcelas CPE1 y CPE5, posiblemente se debe a que en esta parcela se encontraron bajas cantidades de fitomasa de raicillas, dando menos posibilidad a la producción de micelio externo. Además, en esta parcela se encontró menor proporción de humus bruto y esto debió ejercer una influencia directa sobre las menores micomasas de micelio externo (ME) ya que la materia orgánica influye directamente sobre la producción de éste (Herrera et al, 1986, citado por Herrera et al, 1995a).

Al comparar las parcelas con manejo mecanizado (MPE3 y MPE6) no se observan diferencias significativas entre éstas y además sus valores son bajos al compararlos con los valores de las demás parcelas, posiblemente debido a las

menores fitomasas de raicillas observadas y a las perturbaciones causadas por el manejo mecanizado que se le aplica a estas parcelas.

b) Número total de esporas (NTE):

Los valores promedios para el número total de esporas se presentan en la Tabla 3. Se estimaron valores entre 3827 y 25106 esporas/dm³ de suelo, presentándose los mayores valores en la parcela de cinco años con manejo campesino (CPE5) y los menores valores en las parcelas de manejo mecanizado. Estos valores se encuentran en el extremo más bajo del rango señalado por Herrera et al. (1995a) para ecosistemas de bosque siempreverde, quienes estimaron aproximadamente un número de esporas entre 10000 y 50000 por decímetro cúbico de suelo. Sin embargo, los valores obtenidos en el presente trabajo pueden deberse al funcionamiento subdeciduo del bosque original y otras características edafoclimáticas diferentes de las de los bosques estudiados por estos autores (Herrera et al. 1995a).

Esta variable presentó diferencias significativas entre los tipos de manejo, campesino y mecanizado, encontrándose mayor número de esporas por decímetro cúbico de suelo en las parcelas con manejo campesino que con manejo mecanizado.

Por otro lado, se puede observar que los valores obtenidos en la parcela de bosque no presentan diferencias significativas con respecto a las parcelas de manejo campesino, excepto con los valores de la parcela CPE5, la cual presenta un número de esporas mayor y significativamente diferente.

Estos resultados sin diferencias significativas entre las parcelas de manejo campesino y el bosque concuerdan con lo reportado por Liberta y Anderson (1986), donde al comparar la abundancia de esporas en un cultivo de maíz y un ecosistema natural no encontraron diferencias significativas aunque los potenciales infectivos fueron menores en el agroecosistema. Además, los bajos niveles de esporulación por MA en ecosistemas naturales han sido observados por Read et al., (1976) y por Mosse y Bowen (1968). Esta característica la atribuyen fundamentalmente a la presencia de una vegetación perenne.

Por otra parte, una posible explicación a esto es que en el sistema natural es probable que la simbiosis utilice una cantidad de energía mínima para el proceso de esporulación y el resto de esa energía para mantener de una manera eficiente el intercambio y almacenamiento de nutrientes mediante la existencia de grandes cantidades de ME y ED en las raíces de las plantas, lo cual energéticamente puede ser una estrategia menos costosa para esta asociación en el ecosistema. Además, puede ser que en este ecosistema natural al igual que los estudiados por Abbot y

Rolson (1982) el suelo pueda contener otros propágulos que no sean esporas, tales como hifas viables y raíces colonizadas.

Por otro lado, es posible que algunas especies esporulen en proporciones muy altas mientras que otras produzcan pocas esporas o esporas muy pequeñas que son difíciles de extraer del suelo.

4.2.- Componentes Intraradicales:

a) Micomasa de endófito (ED):

La Tabla 3 presenta los valores promedios correspondientes a los mg de endófito por decímetro cúbico de suelo. Los valores ED más elevados fueron estimados en la parcela de bosque y se atribuye a los mayores valores de la fitomasa de las raicillas y %DV en este sistema, los cuales influyen directamente sobre la micomasa del endófito.

Al comparar las parcelas con manejo campesino se observa un incremento significativo en la parcela de cinco años (CPE5) con respecto a la parcela de uno (CPE1) y tres años (CPE3). Esta tendencia en el incremento del componente endófito en las parcelas con manejo campesino a lo largo de la sucesión, parece indicar que es la superficie de intercambio y almacenamiento de nutrientes en el

interior de las raíces, lo que permite que la simbiosis sea eficiente para las plantas desde el punto de vista energético (Morales, 1995).

Entre las parcelas con manejo mecanizado (MPE3 y MPE6) no existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) y esto es debido posiblemente a los efectos de la mecanización a los cuales fueron sometidas estas últimas parcelas.

Además, se observan diferencias significativas al comparar las parcelas MPE3 y MPE6 con respecto a la parcela CPE5, encontrándose los valores más altos en esta última. Estas variaciones posiblemente son debidas a las diferencias en los manejos, demostrándose que el manejo mecanizado reduce considerablemente el potencial micorrízico.

Tabla 3. Promedios para cada parcela de las variables, Micelio Externo (ME), Endófito (ED) y Número total de esporas (NTE).

Parcela	ME (mg/dm ³)	ED (mg/dm ³)	NTE
CPE1	106.54b	48.16a	12854a
CPE3	59.98a	101.78a	17906a
CPE5	152.85c	202.77b	25106c
PB	168.97c	605.74c	16874a
MPE3	54.26a	59.93a	8016b
MPE6	61.27a	73.62a	3827b

b) Porcentaje de Colonización (%CM):

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio de las parcelas para esta variable.

Se puede observar que los porcentajes de colonización en el bosque son mayores con respecto a los resultados de las parcelas con pastizales, estos valores están estrechamente relacionados con los resultados de la biomasa microbiana, los cuales fueron altos para la parcela de bosque en la época húmeda (Ibarra, 1995).

Con respecto a las parcelas sometidas a manejo campesino hay un incremento significativo en el porcentaje de colonización a medida que aumenta la sucesión de las parcelas, desde alrededor de un 42% en la parcela de un año hasta un 70% en la de cinco años. Esta tendencia fue observada en una sucesión de un agroecosistema de papa en el Páramo Andino (Montilla *et al.*, 1992), en la que se encontró un incremento en el %CM y %DV.

Es importante destacar que los porcentajes de colonización entre las parcelas con manejo mecanizado y campesino presentan diferencias significativas, exceptuando los resultados determinados para las parcelas CPE1 y MPE3, indicando que el tipo de manejo influye considerablemente en los niveles de la asociación micorrízica (Tabla 3).

c) Porcentaje de Densidad Visual (%DV):

En la parcela de bosque se registraron los mayores valores de %DV, el porcentaje promedio de esta parcela es de 16,33% y difiere significativamente con respecto a los encontrados en las parcelas de pasto estrella. Dentro de las parcelas con manejo campesino a lo largo de la sucesión, existe un aumento significativo de este porcentaje desde la parcela CPE1 hasta la parcela de CPE5, esta tendencia se observa en las parcelas con manejo mecanizado. Al comparar los valores de %DV entre ambos tipos de manejo, no se observan diferencias significativas. Esta tendencia a lo largo de la sucesión, en un aumento del % DV es similar a la encontrada en los %CM.

Esta densidad visual del componente endófito parece indicar que en la parcela de cinco años (CPE5) y en el bosque, se presentan mayores porcentajes de colonización micorrízica en las raíces y también mayor proporción de densidad de colonización, es decir, es mayor la superficie de intercambio y almacenamiento de nutrientes en las raíces (Tabla 4).

d) Ocupación fúngica (OF):

Los valores promedio para esta variable se presentan en la Tabla 4. Se observa una tendencia similar al %DV y al %CM, pero estadísticamente no se

observan diferencias significativas entre las parcelas de PB, CPE5, MPE6, y MPE3, comportamiento que posiblemente se debe a que la OF depende directamente de los %CM y de la fitomasa de raicillas. También es interesante destacar que la OF depende más bien de la capacidad genética de la especie para formar en las raicillas micorrízicas micomasas más o menos densas (Herrera et al., 1995). En este sentido, se observa que la capacidad de OF del pasto estrella es tan alta como la de las especies de otras parcelas. Por lo tanto, si en las parcelas MPE3 y MPE6 el funcionamiento micorrízico está dañado en algún sentido (ver párrafos anteriores), es por factores debido al manejo y no por la especie dominante en ellas (pasto estrella) cuyos valores de OF son los más altos.

Tabla 4 Promedios para cada parcela de las variables, Porcentaje de Colonización (%CM), Porcentaje de Densidad Visual (%DV) y Ocupación Fúngica (OF).

Parcela	%CM	%DV	OF
CPE1	41.75a	3.16a	99.35b
CPE3	57.81c	7.97b	196.42b
CPE5	70.44d	11.68c	221.62a
PB	85.64e	16.33d	262.14a
MPE3	37.72a	9.36b	311.18a
MPE6	49.33b	11.82c	288.11a

5.- RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES:

a) Micomasa de Micelio Externo por Micomasa de Endófito (ME/ED):

Los valores promedios para esta relación se presentan en la Tabla 5. Los resultados para esta variable oscilaron entre 0.28 y 2.39 mg de micelio externo por mg de endófito.

Con respecto a estos resultados se puede observar que esta relación es muy baja en bosque al compararla con las demás parcelas, posiblemente esto es debido a los altos valores del ED determinados en esta parcela, los cuales concuerdan con los resultados observados bajo condiciones naturales en selvas tropicales para el componente endófito (Herrera et al, 1995a), cuando las tasas de renovación son altas (bosque sin estera radical).

Dentro de las parcelas de manejo campesino existen diferencias significativas entre las parcelas CPE5 y CPE3 comparativamente con la parcela CPE1, en la cual esta relación es más alta. Por otro lado, no hay diferencias significativas al comparar los valores de esta relación en los tipos de manejo.

Al observar los valores de esta relación se puede decir, que en las parcelas más alteradas por la mecanización CPE1, MPE3 y MPE6, se presenta mayor cantidad de mg de ME por mg de ED y en las parcelas recuperadas ocurre lo

contrario. Este carácter debió depender más de las características propias de la simbiosis que de los mayores valores de ME y ED por separado, estos resultados concuerdan con los reportados por Graham et al. (1982), quienes encontraron que la formación de colonización no induce un crecimiento micelial y sugieren que la formación de hifas en el suelo posiblemente esta controlada por algunos factores distintos a los que controlan la colonización, como podrían ser los factores edáficos.

b) Micomasa de micelio externo por fitomasa de raicillas (ME/FR):

La Tabla 5 muestra los valores promedio correspondientes a esta variable y se registraron valores entre 64.75 y 142.91 mg de Micelio externo por cada gramo de raicillas. En esta relación no existen diferencias significativas entre las parcelas y al igual que en la relación anterior, estos valores dependen de las características propias de la simbiosis.

c) Número total de esporas por micomasa de micelio externo (NTE/ME):

Los valores promedio se presentan en la Tabla 5, éstos oscilan entre 62 y 298 esporas por cada mg de micelio externo. De acuerdo con estos resultados se puede observar que existen diferencias significativas entre los tipos de manejo (campesino y mecanizado). Por otro lado, los valores de la parcela del bosque no

presentan diferencias significativas con respecto a las parcelas de manejo campesino exepcto para CPE3, pero sí al compararla con la parcela de manejo mecanizado con seis años (MPE6).

Tabla 5. Promedios en cada parcela de las relaciones: mgs de Micelio Externo/mg de Endófito (ME/ED), mgs de Micelio Externo/mg de Fitomasa de Raicillas (ME/FR) y Número Total de Esporas/mg de Micelio Externo (NTE/ME).

Parcela	ME/ED	ME/FR	NTE/ME
CPE1	2.390c	95.78ab	120a
CPE3	0.589ab	68.24a	298b
CPE5	0.796ab	124.69b	124a
PB	0.286a	64.75a	100a
MPE3	1.107b	119.58b	148a
MPE6	0.993a	142.91b	62c

6.- ORDENAMIENTO DE LA ACTIVIDAD MICORRÍZICA, LAS UNIDADES DE MUESTREO Y DE LAS VARIABLES EDÁFICAS:

La figura 8 muestra el diagrama de ordenamiento producto del Análisis de Componentes Principales para las variables micorrízicas. De acuerdo a este análisis el primer componente explica el 50.76% de la variación total y el segundo el 15.18%.

Los promedios de las muestras de las parcelas mostrados en la figura 7, permiten observar una separación significativa entre la parcela de bosque (PB) y las parcelas de pastizales. Dentro de las parcelas de manejo campesino se puede ver una secuencia que de acuerdo a los años de implantación de las pasturas (CPE1, CPE3 y CPE5), que corresponden a las parcelas con uno, tres y cinco años en sucesión vegetal. Por otro lado, las parcelas con manejo mecanizado (MPE3 y MPE6) no presentan una tendencia determinada. Además se observa una semejanza significativa entre las parcelas: CPE1, MPE3 y MPE6.

Con respecto a las variables micorrízicas, en el plano del ordenamiento se observa que en el primer componente se correlacionaron positivamente las variables, %DV, %CM, FR, ED, ME, OF, NTE y NTE/ME, las cuales están implicadas en la producción de esporas y en la producción de endófito. Estas variables a su vez, se correlacionaron negativamente con las variables, PR, ME/FR, ME/ED. Estas últimas variables están relacionadas con la captación de nutrientes. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Morales (1995), quien encontró una correlación similar a este análisis, en un agroecosistema de papa en el Páramo Andino.

Al comparar las parcelas con las variables micorrízicas se pudo evidenciar con respecto a este ordenamiento, que la parcela de bosque y la parcela de cinco años con manejo campesino CPE5, la más avanzada en la sucesión (fig 8), están

correlacionadas positivamente con ME, %CM, %DV, OF y negativamente con el porcentaje de raicillas con pelos radicales (PR), mientras que tanto en las parcelas CPE1 y CPE3, como en las parcelas MPE3 y MPE6 ocurre lo contrario. Es decir, existe una correlación positiva entre estas últimas parcelas y la variable PR. La presencia de los pelos radicales puede representar una alternativa económica para la captación de nutrientes por las plantas que crecen en suelos perturbados y donde los potenciales micorrízicos se encuentran disminuidos.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Montilla *et al* (1992), quienes encontraron que con el avance de la sucesión hay un incremento en la micotrofia expresada como %CM, %DV y ME en agroecosistemas de Páramo Andino, junto con una disminución gradual del porcentaje de raicillas con pelos radicales. Por otro lado, estos resultados apoyan lo sugerido por Baylis (1975), en cuanto a que la dependencia de las MA está correlacionada negativamente con la abundancia de los pelos radicales.

Seguidamente, al comparar el ordenamiento de las variables micorrízicas (Fig. 8) y el de las variables edáficas (Fig. 9) se puede decir, que tanto la parcela de bosque como la parcela CPE5, se encuentran correlacionadas positivamente con la biomasa microbiana, con un menor contenido de nutrientes, un alto contenido de nitratos y de los componentes micorrízicos implicados en la reproducción de la

simbiosis y la formación de micelio externo y endófito. Esto confirma lo reportado por Douds y Schenk (1990) y Azcón *et al* (1991) quienes señalan que la aplicación de nitratos usualmente enriquece la colonización de raíces y la esporulación. De este modo, las parcelas CPE1, CPE3, MPE3, MPE6 están más bien, relacionadas positivamente con suelos más fértiles, más arcillosos y con mayor proporción de raicillas con pelos radicales.

Por otro lado, de acuerdo a los análisis físico-químicos y microbiológicos y la ubicación de las parcelas, Ibarra (1995) concluye lo siguiente:

Con respecto a las parcelas MPE6 y CPE1, estas se encuentran agrupadas y separadas de las demás de acuerdo al análisis de las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo. Mediante el análisis de estos resultados, propuso como hipótesis para explicar ésto, que estas dos parcelas pertenecen a un ecosistema boscoso diferente al del bosque analizado y debido a esto, se pueden separar las parcelas estudiadas en dos grupos: las semejantes y las diferentes al bosque. Esta hipótesis es básicamente apoyada por los análisis de textura, los cuales evidencian las diferencias existentes entre el grupo semejante al bosque, con todas las parcelas pertenecientes a la clase de textura franco-arenoso (salvo la CPE3 que se encuentra en un límite entre franco y franco-arenoso) y el grupo diferente al bosque en el que la parcela CPE1 posee clase de textura franco y la MPE6 franco limoso.

Al comparar este análisis con los resultados de las variables micorrízicas podemos decir que si se consideran las parcelas CPE1, CPE3 y CPE5 en estados sucesionales diferentes, se evidencia que a partir de los tres años de sucesión comienza la etapa de recuperación del suelo, en cuanto a la dinámica y funcionamiento de los componentes micorrízicos, ya que a partir de este estadio se observa un incremento tanto en la producción de ME, ED y de los componentes relacionados con éstas. Esto quiere decir, que de CPE1 a CPE5 las micorrizas son más reproductivas, mientras que esto no se observa en las parcelas con manejo mecanizado MPE3 y MPE6 a pesar de los años de implantación de los pastizales, debido probablemente a los disturbios que sufren continuamente estas últimas parcelas, los cuales inducen cambios físicos, químicos y biológicos (Barea, 1988). Las parcelas con manejo mecanizado muestran claramente cambios químicos y microbiológicos, muy particularmente en la disminución de la actividad micorrízica y en la distribución de las esporas de los hongos MA en el suelo. Posiblemente, las diferencias del funcionamiento de esta simbiosis unido a los cambios de las propiedades químicas del suelo en las parcelas estudiadas sea el argumento más lógico para explicar la separación de las parcelas observada en el análisis ACP. Debido a esto, el hecho de que estas parcelas proceden de un ecosistema de bosque diferente al bosque estudiado pudiera tener poca importancia, ya que mediante este

análisis se permite relacionar las parcelas MPE3 y MPE6 y a su vez correlacionarlas positivamente con la parcela CPE1 que representa una etapa sucesional temprana, donde los componentes micorrízicos se encuentran igualmente reducidos. Estableciéndose de este modo, dos grupos de parcelas de acuerdo con el comportamiento microbiológico del suelo debido al tipo de manejo establecido, parcelas con actividad micorrízica baja (CPE1, MPE3 y MPE6) y el segundo grupo parcelas con actividad micorrízica alta (CPE3, CPE5 y PB).

Por otro lado, las diferencias encontradas al comparar las parcelas CPE1, MPE3 y MPE6 con respecto a las variables micorrízicas antes mencionadas confirman lo sugerido por Ibarra (1995), quien señala, que si bien las parcelas CPE1, MPE3 y MPE6 se separan de las demás, también entre ellas se presentan ciertas diferencias que podemos asociar a la historia diferente de cada una de ellas. La mayoría de los resultados indican que MPE6 y MPE3 se encuentran bajo condiciones de mayor deterioro con respecto a las propiedades del suelo que CPE1, además se observa indirectamente la importancia del rastrojo en el mejoramiento de las propiedades del suelo ya que esta última parcela (CPE1) estuvo 8 años enrastrada.

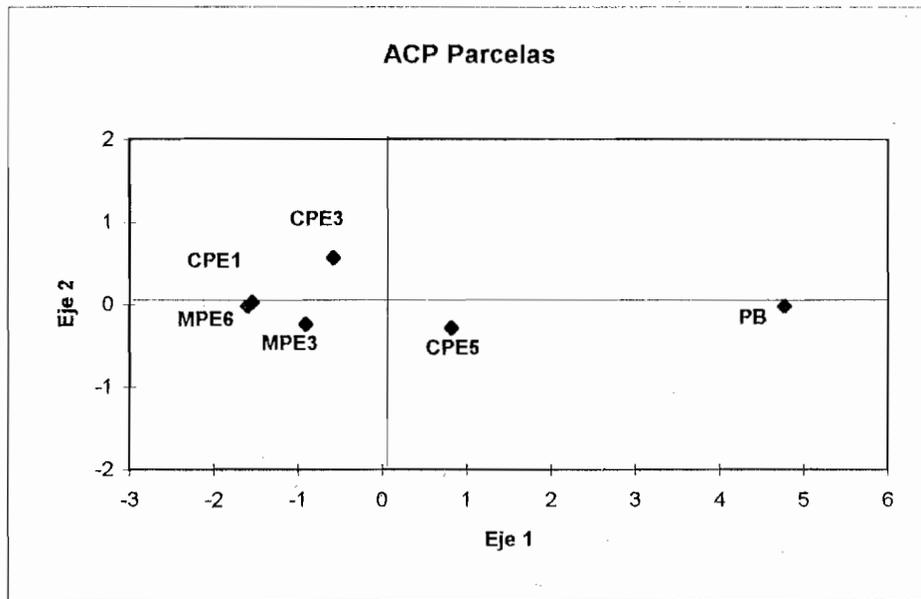


Fig.7 Distribución de las parcelas sobre el plano de ordenamiento mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP). Parcela de Bosque (PB), CPE1, CPE3 y CPE5: Parcelas de pasto estrella con uno, tres y cinco años, (manejo campesino). MPE3 y MPE6: parcelas de pasto estrella con tres y seis años. (manejo mecanizado).

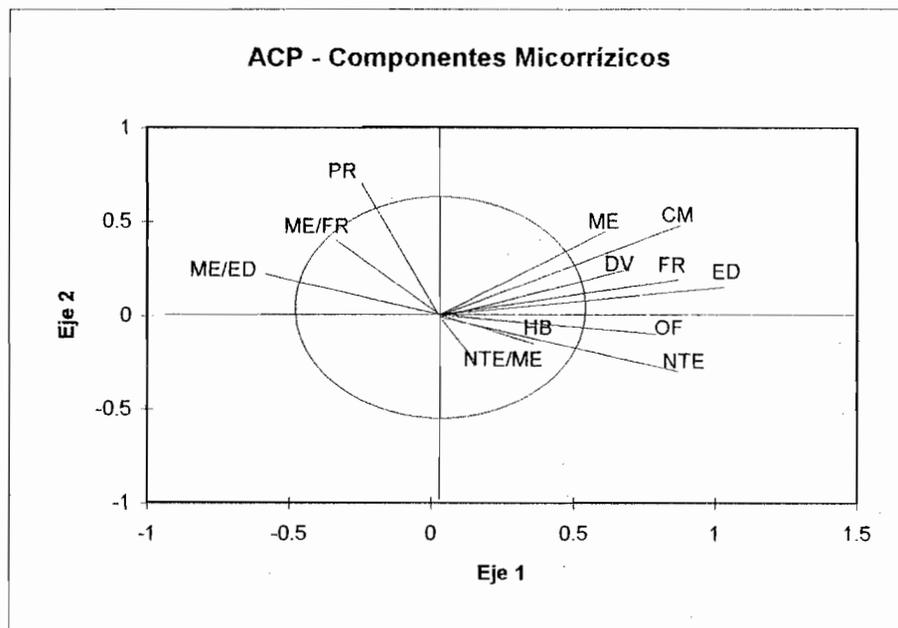


Fig. 8 Correlación de los componentes micorrízicos con los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales ACP. FR: fitomasa de raicillas, PR: % de raicillas con pelos radicales, NTE: número total de esporas, ME: micelio externo, ED: endófito, HB: humus bruto CM: % de colonización, DV: % de densidad Visual, OF: ocupación Fúngica, ME/ED: mgs de micelio externo por mg de endófito, ME/FR: mgs de micelio externo por mg de fitomasa de raicillas, NTE/ME: número de Esporas por mg de micelio externo.

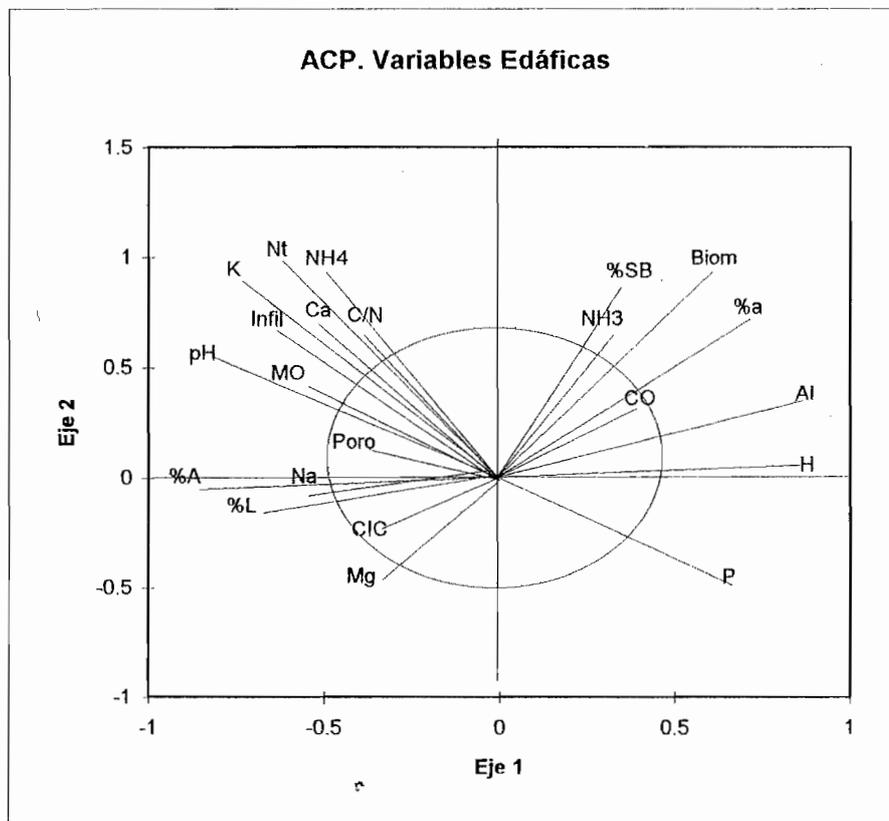


Fig 9. Correlación de los factores edáficos con los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales ACP. %a: %arena, %A: %arcilla, %L: %Limo, CIC: capacidad de intercambio cationico, INFIL: infiltración, Nt: Nitrogeno total, MO: materia orgánica, Biom: Biomasa microbiana, Poro: porosidad, C/N: relación de carbono/nitrogeno CO: carbono Orgánico. H: Hidrogeno, Al: Aluminio, P: fósforo, Ca: calcio K: potasio, Mg: magnesio, Na: sodio.

7.- DIVERSIDAD DEL ORDEN GLOMALES EN LAS PARCELAS ESTUDIADAS:

Para el análisis de diversidad de las especies del orden Glomales se adoptó lo sugerido por Halffter (1992) citado por Furrázola *et al* (1995), el cual manifiesta que la abundancia de las especies se determina de la siguiente manera: se consideran especies muy dominantes cuando el número total de individuos es mayor de un 20%, especies dominantes si se encuentran en el rango: $> 20\%$ y $\geq 5\%$ y marginales cuando su participación sea menor del 5%.

La figura 10 agrupa los gráficos de distribución de las especies y la frecuencia de sus individuos en las parcelas estudiadas.

Con respecto a estos gráficos se puede decir, que la parcela CPE1 presentó un descenso brusco en la curva, observándose dos mesetas. Así mismo, se puede observar que en la parcela CPE3 se ven tres planos, en la CPE5 cuatro y en la PB aproximadamente seis, lo cual indica que va aumentando considerablemente el número de mesetas en las parcelas a medida que aumenta la sucesión. Esta tendencia no se observa en las parcelas con manejo mecanizado (MPE3 y MPE6), donde se puede ver una equitatividad de las especies. Según Furrázola *et al* (1995), el número de estos planos puede representar el número de nichos funcionales, de acuerdo a esto a medida que las parcelas se encuentren en una etapa sucesional más avanzada presentan mayor número de nichos funcionales. Por otro lado, los

disturbios ocasionados en las parcelas reducen el número de estos nichos funcionales.

La tabla 6 muestra la abundancia de las especies en las parcelas y por lo general todas las parcelas de pastizales presentan entre 5 y 6 especies dominantes y de 1 a 2 especies muy dominantes, mientras que en la parcela de Bosque se encuentran nueve especies dominantes y no presenta especies muy dominantes.

La parcela CPE1 presenta cinco especies dominantes, éstas son las siguientes: Ac. blanca hialina, Ac. amarilla-blanca, Ac. pardo oscura. Ac. blanca-hendiduras y Gl. Pardo oscuro.

La parcela CPE3 presentó seis especies dominantes, las cuales son: Ac. blanca-amarilla, Gl. amarillo, Ac. blanca-hendiduras, Ac. verde olivo, Gl. pardo oscuro, Ac. pardo-naranja.

La parcela CPE5 presentó las siguientes seis especies dominantes, Gl. blanca sucia, Ac. amarilla-blanca, Ac. blanca con hendiduras, Gl. blanca hialina con hifas, Gl. pardo oscuro, GG. blanca hialina.

La parcela de Bosque presenta nueve especies dominantes, ellas son las siguientes: Gl. blanca sucia, Ac. blanca hialina, Gl. amarilla, Ac. amarilla-blanca, GG. amarilla, Gl. blanca hialina con hifas, Gl. pardo oscuro, GG. blanca hialina, Gl. negro-gris.

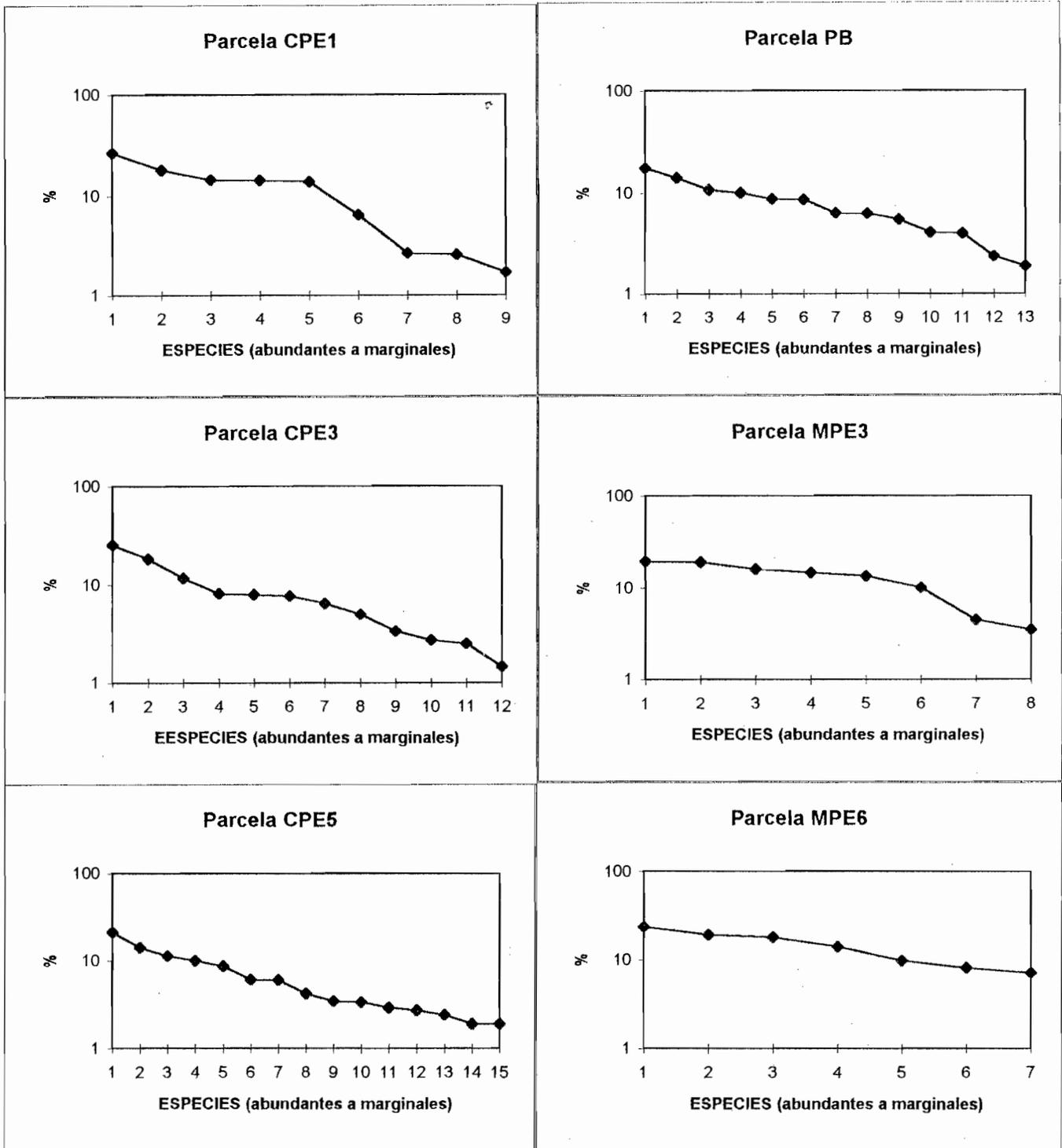


Fig. 10 Especies (puntos en las curvas) y sus frecuencias en parcelas de pasto estrella con manejo campesino (CPE1, CPE3 y CPE5), con manejo mecanizado (MPE3 y MPE6) y parcela de bosque PB. Las especies están ordenadas de Abundantes a Marginales en todos los casos.

Tabla 6. Muestra la abundancia de las especies en las parcelas. M: especies marginales, entre 0-4,9%, D: especies dominantes, entre 5-20%, y G: especies muy dominantes >20%. AcAH: Ac amarilla-hialina, GIBL: Gl. blanco, GIPH: Gl. pardo con hifas, GIBS: Gl. blanco-sucio, AcBH: Ac. blanca hialina, GIAM: Gl. amarillo, AcAB: Ac. amarilla blancuzca, AcPO: Ac. pardo oscura, AcBLH: Ac. blanca con hendiduras, AcVO: Ac. verde olivo, SCLE: Scerocystis. sp. GGA: Gigaspora amarilla, GIBHH: Gl. blanco hialino con hifas, GIPO: Gl. pardo oscuro, AcPN: Ac. pardo naranja, GGBH: G. blanca hialina, GING: Gl. negra-gris, SCUTE: Scutellospora sp.

	CPE1	CPE3	CPE5	PB	MPE3	MPE6
AcAH	M		G	M	D	D
GIBL			M			
GIPH			M			
GIBS		M	D	D	D	
AcBH	D	D	M	D	M	D
GIAM	G	D	M	D		
AcAB	D	M	D	D	D	D
AcPO	D	G	M		G	G
AcBH	D	D	D	M	D	D
AcVO	M	D	M		M	G
SCLE	M	M				
GGA		M	M	D		
GIBHH			D	D		
GIPO	D	D	D	D	D	D
AcPN		D	M	M		
GGBH		M	D	D		
GING				D		
SCUTE				M		

La parcela MPE3 presenta las siguientes especies dominantes: Ac. amarilla-hialina, Gl. blanca sucia, Ac. amarilla-blanca, Ac. blanca-hendiduras, Gl. pardo oscuro.

La parcela MPE6 presentó cinco especies dominantes, estas son las siguientes: Ac. amarilla hialina, Ac. blanca-hendiduras, Ac. amarilla-blanca, Ac. blanca-hialina, Gl. pardo oscuro.

De acuerdo a estos resultados se puede indicar que las parcelas más perturbadas están dominadas por el género *Acaulospora* y a medida que avanza la sucesión, las especies de este género van disminuyendo y las especies del género *Glomus* van aumentando, llegando a ser las especies de este último género las dominantes. En el Bosque se presentan cinco especies del género *Glomus* como especies dominantes.

En la fig. 11 se observa un grupo de gráficos que representan la distribución de las especies comunes y dominantes para las parcelas estudiadas. En estos gráficos se representan las proporciones de siete especies dominantes, de las cuales cinco son del género *Acaulospora* y dos del género *Glomus*.

Podemos observar que Ac. pardo oscura disminuye en proporción a medida que aumenta la sucesión. En el Bosque esta especie no se encontró, pero en las parcelas más perturbadas, MPE3 y MPE6, la proporción de esta especie es alta. Por

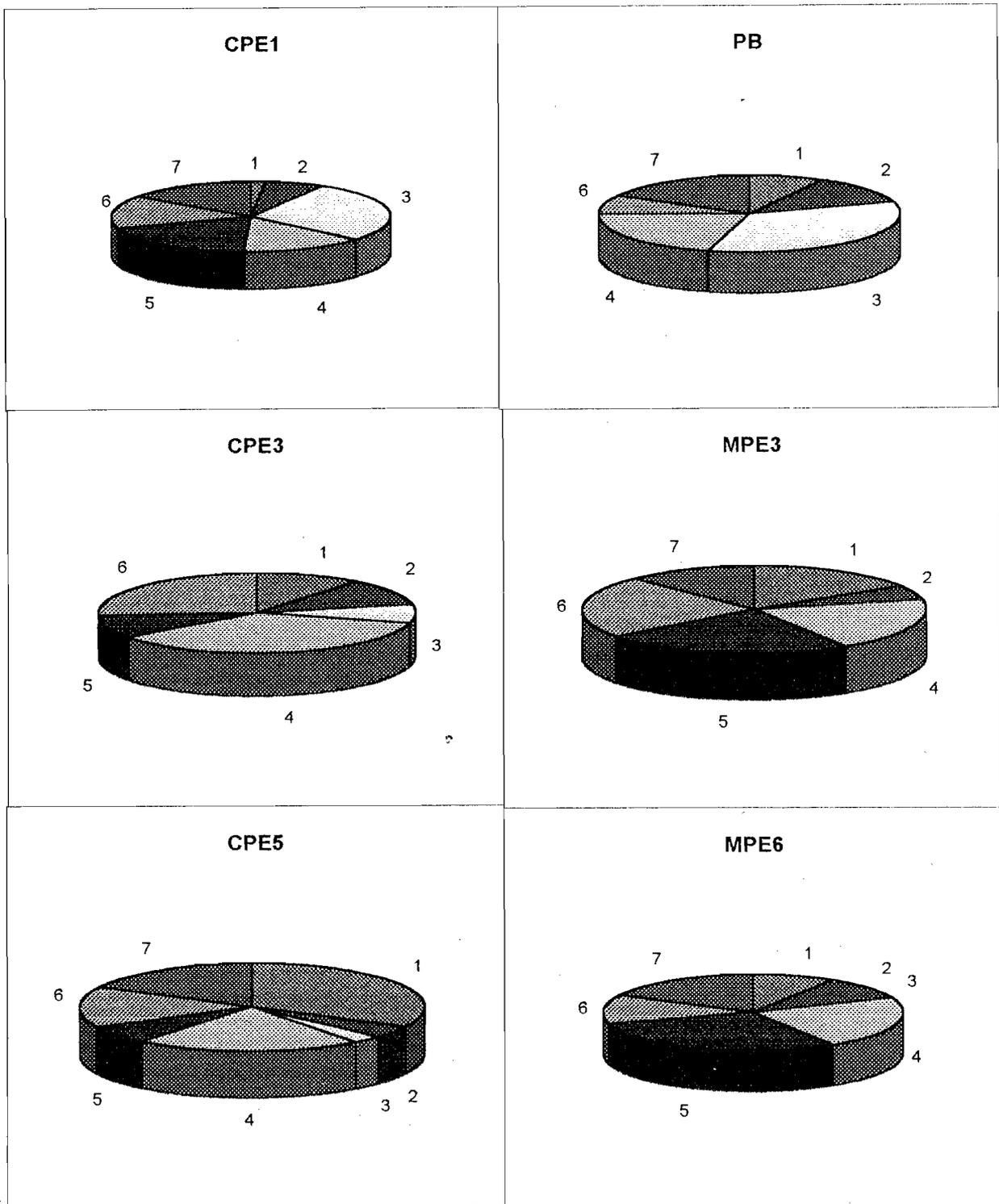


fig. 11. Distribución de las especies dominantes en las parcelas estudiadas. 1. AcAMH: Ac. amarilla hialina, 2. AcBH: Ac. Blanca hialina, 3. GIAMA: Gl. amarillo, 4. AcAMB: Ac. amarilla blanca 5. AcPOS: Ac. parda oscura, 6. Ac.BLH blanca con hendiduras, 7. GIPOS Gl. pardo oscuro.

otro lado, la especie Gl. amarillo es muy sensible a los ecosistemas perturbados ya que no se observa en las parcelas con manejo mecanizado. Esta especie se encuentra en mayor proporción en el bosque y en la parcela CPE1, mientras que en las parcelas CPE3 y CPE5 se encuentra en bajas cantidades.

Estos resultados evidencian que algunas especies son muy sensibles a los tipos de manejo y que de acuerdo al sistema van a dominar y a distribuirse de diferente manera.

a) Diversidad de especies del orden Glomales en las parcelas:

Se contaron esporas de 18 especies pertenecientes a la familia del orden Glomales y con los valores promedios de las cinco réplicas se realizaron los cálculos de diversidad utilizados por Furrázola *et al* (1995).

Mediante los resultados obtenidos al calcular estos índices (Tabla 7), se puede decir, que el índice de predominio o de Simpson presenta valores cercanos a cero y muy similares para todas las parcelas, esto quiere decir que no hay concentración de los individuos en pocas especies. Por otro lado, los índices de equitatividad J' y $E5$ fueron muy homogéneos en todas las parcelas presentando en todos los casos valores cercanos a uno que representan la máxima equitatividad en la

cual el número de especies abundantes y muy abundantes se aproximan al número total de especies.

Con respecto al índice de diversidad de Fisher (d) que representa la riqueza de especies se observa que las parcelas con mayor riqueza de especies son el Bosque y CPE5 y las de menor riqueza las parcelas MPE3 y MPE6. Esto nuevamente indica que las perturbaciones causan un decrecimiento en la diversidad de los hongos micorrízogenos en los ecosistemas. El ecosistema de bosque presentó menor diversidad que la parcela CPE5, esto es debido posiblemente a que en la época húmeda la simbiosis en este ecosistema este utilizando la energía en transporte e intercambio de nutrientes y no en la reproducción de las especies.

Tabla 7. Diversidad de las comunidades de hongos Glomales en las cinco parcelas de pasto estrella y la parcela de Bosque. S: número total de especies, N1: número de especies abundantes en cada parcela, N2: número de especies muy abundantes, H': índice de diversidad general de Shannon y Weaver, J': índice de equitatividad de Pielou, E5: índice de equitatividad de Hill, C: concentración de especies, d: índice de diversidad de Fisher.

Parcelas	S	N1	N2	H'	J'	E5	C	d
CPE1	9	6.84	5.96	1.92	0.88	0.85	0.17	2.19
CPE3	12	7.48	7.22	2.01	0.81	0.96	0.14	2.81
CPE5	15	11.38	9.14	2.43	0.89	0.78	0.11	3.41
PB	13	8.64	7.81	2.16	0.84	1.15	0.10	3.08
CPE3	7	7.09	6.63	1.96	1.01	0.92	0.15	1.79
CPE6	7	6.43	5.99	1.86	0.96	0.92	0.17	1.95

8.- ORDENAMIENTO DE LAS ESPECIES DE GLOMALES EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICORRÍZICA:

Las figuras 14 y 15 muestra los diagramas de ordenamiento producto del análisis de correspondencia de las variables micorrízicas y de las especies del orden Glomales. Las muestras de las parcelas siguen una secuencia que de acuerdo a los años de abandono CPE1, CPE3 Y CPE5 corresponden a parcelas con uno, tres y cinco años, mientras que las parcelas MPE3 y MPE6 no presentan ninguna tendencia, por otra parte, el bosque se encuentra separado de las parcelas de pastizales (fig. 12).

De acuerdo a este análisis se evidencia que en el bosque y en la parcela CPE5 existe mayor diversidad de especies del orden Glomales que en las parcelas de pastizales CPE1, CPE3, MPE3 y MPE6, estas diferencias permiten observar una separación marcada entre estos dos grupos de parcelas.

Por otro lado, a medida que avanza la sucesión aumentan las especies del género *Glomus* y disminuyen las especies del género *Acaulospora* encontrándose este último género dominando las parcelas más perturbadas y se halla asociado a lugares donde las relaciones, ME/ED, ME/FR y PR son significativamente altas, mientras que las especies del género *Glomus* se encuentran en lugares donde el suelo

esta menos perturbado y donde los componentes micorrízicos ME, FR, %CM y %DV son elevados.

9.- ORDENAMIENTO DE LAS ESPECIES DE GLOMALES EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO:

Las figuras 13 y 14 muestran el ordenamiento producto del análisis de correspondencia para las variables edáficas y las especies. Las muestras de las parcela presentan la misma tendencia que el análisis anterior (fig. 12).

Se puede observar que la mayoría de las especies del género *Acaulospora* se encuentran asociadas a suelos más perturbados, con mayor cantidad de nutrientes y mayor porcentaje de arcilla, mientras que las especies pertenecientes al género *Glomus*, *Scutellospora* sp. y *Gigaspora* están correlacionadas con suelos con poca o ninguna perturbación, con bajo contenido de nutrientes y mayor proporción de arena.

La mayor diversidad de esporas esta correlacionada tanto con las parcelas más avanzadas en la sucesión y con el ecosistema natural, así como con los suelos que presentan mayor porcentaje de arena y menor proporción de nutrientes, estos resultados reafirman las investigaciones realizadas por Gerdemann (1975), el cual dice que en suelos franco-arcillosos fertilizados con abono orgánico el número de

clamidosporas se redujo, pero en suelos arenosos con los mismos tratamientos incrementaron notablemente el número de esporas.

Estos resultados demuestran una vez más que la separación de las parcelas es debido principalmente a cambios microbiológicos asociados a las propiedades del suelo, en este caso a los cambios en la diversidad de las parcelas. Esto sugiere que los tipos de manejos están influyendo de forma directa sobre esta variable, la cual se encuentra disminuida en las parcelas con manejo mecanizado y en la parcela CPE1, mientras que esta variable va aumentando progresivamente a medida que avanza la sucesión. Resultados similares fueron encontrados en un agroecosistema de papa en el páramo (Morales, 1995), sugiriendo de esta forma que los componentes micorrízicos se comportan de forma similar en agroecosistemas y que dependiendo del grado de perturbación de los mismos se observa la variación de la dinámica de las comunidades de hongos micorrizógenos.

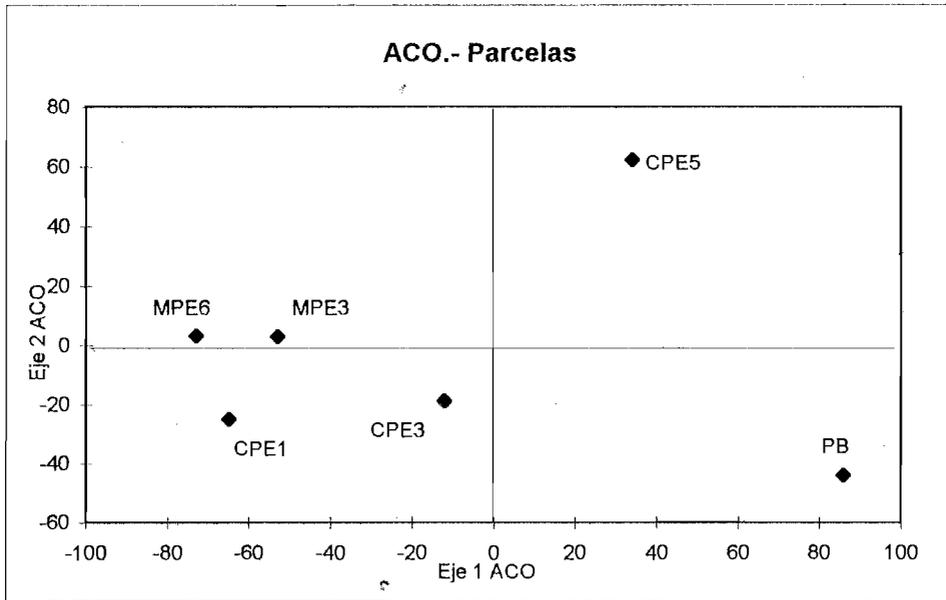


Fig. 12. Distribución de las parcelas sobre el plano de ordenamiento. PB: parcela de Bosque; CPE1, CPE3 y CPE5: parcelas de pasto estrella con uno, tres y cinco años de implantada utilizando manejo campesino. MPE3 y MPE6: parcelas de pasto estrella con tres y seis años de implantada utilizando manejo mecanizado.

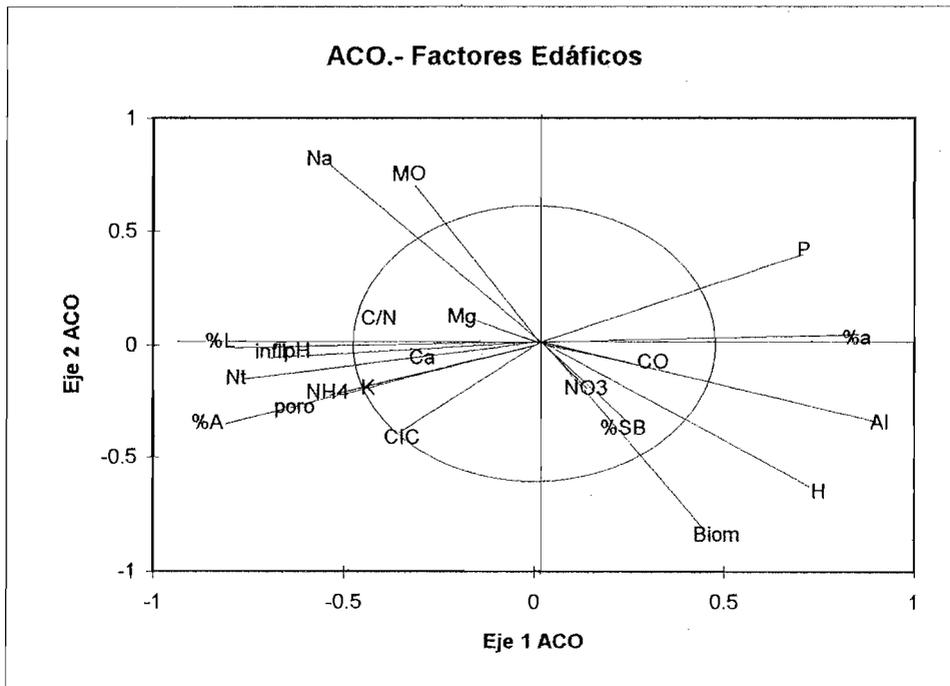


Fig. 13 Correlación de los factores edáficos con los dos primeros ejes del Análisis de Correspondencia (ACO). %a: %arena, %A: %arcilla, %L: %Limo, CIC: capacidad de intercambio catiónico, INFIL: infiltración, Nt: Nitrogeno total, MO: materia orgánica, Biom: Biomasa microbiana, Poro: porosidad, C/N: relación de carbono/nitrogeno, CO: carbono Orgánico.

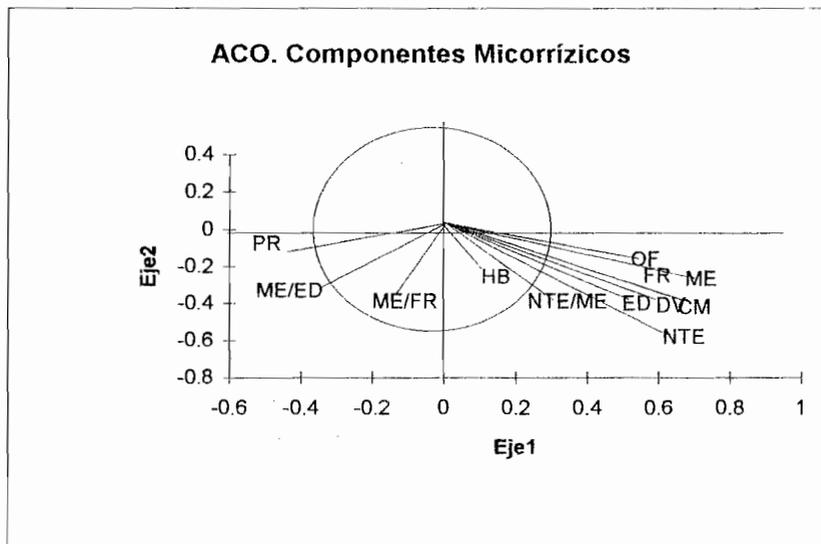


Fig.14. Correlación de los componentes micorrízicos con los dos primeros ejes del Análisis de Correspondencia ACO. FR: fitomasa de raicillas, PR: % de raicillas con pelos radicales, NTE: número total de esporas, ME: micelio externo, ED: endófito, HB: humus bruto CM: % de colonización, DV: % de densidad Visual, OF: ocupación Fúngica, ME/ED: mgs de micelio externo por mg de endófito, ME/FR: mgs de micelio externo por mg de fitomasa de raicillas, NTE/ME: número de Esporas por mg de micelio externo.

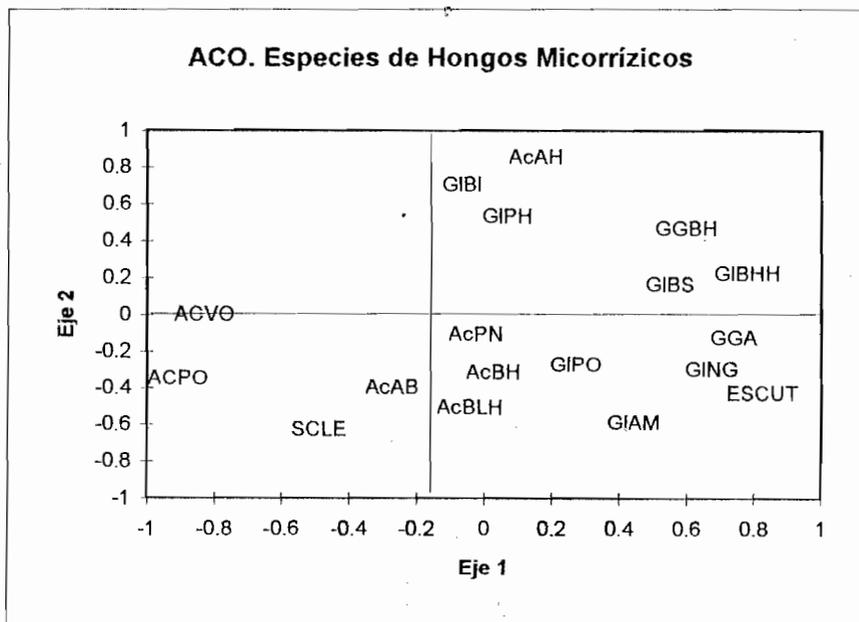


Fig. 15. Distribución de las especies de hongos micorrízicos sobre el plano de ordenamiento. AcAMH: Ac. amarillo hialina, GIBL: GL.Blanca, GIPARH: Gl. parda con hifas, GIBS: Gl. blanca-sucia, AcBH: Ac. blanca-hialina, GIAM: Gl. amarilla, AcAMB: Ac. amarilla -blancuzca. AcPOS: Ac. pardo-oscuro. AcBLE: Ac. blanca con hendiduras, AcVO: Ac. verde olivo, ESCLE:Esclerosistis sp. GGAM: G. amarilla, GIBHH: Gl. blanca hialina con hifas, GIPOS: Gl. pardo oscuro, AcPN: Ac. pardo naranja, GGBLH: G. blanca-hialina, GING: Gl. negra gris, ESCUTE: Escutelospora sp.

CONCLUSIONES

El proceso de “sabanización” que se presenta en la Reserva Forestal de Caparo debido a la deforestación y ocupación de la tierra, conlleva a determinar variaciones bien marcadas en cuanto a la actividad micorrízica y las condiciones edáficas al comparar ecosistemas naturales y pastizales.

Según las propiedades químicas determinadas para cada parcela, se puede suponer que el reemplazo del ecosistema boscoso original por los pastizales significó un incremento de los nutrientes en el suelo. Por otro lado, el contenido de nutrientes va disminuyendo a medida que aumentan los años de implantación y abandono de las parcelas de pasto estrella sometidas a manejo campesino, mientras que las parcelas con manejo mecanizado presentan los contenidos de nutrientes más altos.

En las parcelas de pastizales el funcionamiento de la simbiosis se encuentra reducido con respecto a la parcela de bosque, comprobándose de esta manera que las perturbaciones en los ecosistemas cambian la dinámica del funcionamiento original de esta asociación así como también el número y distribución de las especies de hongos micorrizógenos.

En el bosque natural, el cual está dominado por especies arbóreas y presenta tasas de renovación altas (bosque sin estera radical), la actividad micorrízica está produciendo un alto componente intrarradical comparado con el componente extrarradical, indicando que es la mayor superficie de intercambio y almacenamiento de nutrientes en el interior de las raíces, lo que permite que la simbiosis sea eficiente para las plantas de este ecosistema desde el punto de vista energético.

Por otro lado, al comparar la abundancia de las esporas no hay diferencias entre las parcelas de pastizales y el bosque, sin embargo en este último los potenciales infectivos son mayores.

Además, existe poca correlación entre las esporas de hongos MA y la colonización de las raíces, esto es debido a las tasas diferenciales de colonización por distintos hongos.

Los pastizales de pasto estrella, han logrado persistir debido a que han conseguido cierta adaptación a las condiciones ecológicas de la región. Las parcelas de pastizales con manejo mecanizado (no degradados), presentan una disminución del potencial micorrízico acompañado de un aumento en la proporción de raicillas con pelos radicales considerándose esta estrategia como una alternativa para la captación de nutrientes. Por otra parte la ocupación fúngica (OF) según estudios

anteriores, depende de la capacidad genética de la especie para formar en las raicillas micorrízicas micomasas más o menos densas. En este sentido la capacidad de ocupación fúngica del pasto estrella es tan alta como la de las especies de otras parcelas, por lo tanto si el funcionamiento micorrízico está disminuido en sus componentes, es debido al manejo utilizado y no por la especie dominante en ellas (pasto estrella) cuyos valores de OF son los más altos.

Los pastizales con manejo campesino, en sus primeras fases de recuperación, exhiben valores bajos de los componentes micorrízicos en cuanto a intensidad de endófito, micelio externo, porcentaje de colonización y de densidad visual para la parcelas de etapas serales iniciales, estos valores van aumentando a medida que aumenta la etapa sucesional de las parcelas, indicando que la simbiosis es más eficiente en las parcelas recuperadas, debido a la presencia de una mayor superficie de intercambio bidireccional de nutrientes.

La mayor diversidad de esporas esta correlacionada tanto con las parcelas más avanzadas en la sucesión y con el ecosistema natural, así como con los suelos que presentan mayor porcentaje de arena y menor proporción de nutrientes.

Las parcelas más perturbadas presentan menor número de nichos funcionales, a medida que aumenta la sucesión el número de éstos es mayor.

Se hace necesario el estudio de los componentes micorrízicos a nivel de la estacionalidad hídrica, ya que esta es una de las características más notables en la región de Caparo, además sería interesante ampliar este trabajo aumentando la cantidad de parcelas en cuanto al número de años en éstas, lo cual permitiría complementar el análisis y aclarar la dinámica de la simbiosis en estos ecosistemas.

BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, L. & A. ROBSON.** 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. *In: POWELL, C. & J. BAGYARAJ (Eds.). VA Mycorrhizae*, 114-126. CRC Press Inc., Florida. USA.
- ALLEN, E. & M. ALLEN,** 1984. Competition between plants of iferent sucesional stages: mycorrhizae as regulators. *Can. J. Bot.* 62: 2625-2629.
- ALLEN, E. & M. ALLEN.** 1988. Facilitation of sucesion by the nonmycotrophic colonizer *Salsola kali* (Chenopodiaceae) on harsh site: effects of mycorrhizal fungi. *Amer. J. Bot.* 75: 257-266.
- ALLEN, M.F.** 1991. *The Ecology of Mycorrhizae.* Cambridge University Press. USA.
- ARENDS, E., J. GUEVARA y O. CARRERO,** 1993. Características de la vegetación de la unidad experimental de la reserva forestal de Caparo. Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la reserva forestal de Caparo. (Ed. por A. Torres), *cuaderno comodato. ULA- MRNR, #21.*
- AZCON-AGUILAR, C., J.M. BAREA y B. ROLDAN-FAJARDO.** 1984. Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA: II. Factores que afectan su formación y función y aplicaciones prácticas en agricultura. *Annal. Edafol. Agrobiol.* 43: 934-958.
- AZCON-G, C., y J. BAREA,** 1991. *Micorrizas.* Estación experimental del Zaidín. C.S.I.C. Granada, España.
- BAREA, J.M.** 1988. Las micorrizas y sus aplicaciones en Ecología Vegetal. *Actas del II Congreso Mundial Vasco de Biología Ambiental*, Tomo I: 57-70.
- BAREA, J.,** 1990. *Micorrizas vesículo arbusculares.* Microbiología.

- BAREA, J., C. AZCON-G, J. OCAMPO y R. AZCON, 1991.** Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. Cap. 17. En Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II Fijación de N y micorrizas. Ed. J. Olivares, J. Barea. Consejo superior de investigaciones científicas, Madrid.
- BARNOLA, L.G. 1992.** Ecología de la micorrización en tres ambientes contrastantes y sometidos a pastoreo en el piso andino superior, Mérida - Venezuela. Tesis de Grado. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Mérida, Venezuela.
- BAYLIS, G. 1975.** The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. *In: SANDERS, F., B. MOSSE & P. TINKER (Eds.). Endomycorrhizas, 373-389. Academic Press. London.*
- BETHLENFALVAY, G., A. EVANS & A. LESPERANCE, 1984.** Micorrhizal colonization of crested wheatgrass as influenced by grazing *Agron. J. 77: 233-236.*
- CHRISTENSEN, M. 1989.** A view of fungal ecology. *Mycologia 81: 1-19.*
- COLLINS, N., D. ZAK, D. TILMAN, and F. PFLEGER, 1991.** Dinamies of vesicular-arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecología, 86: 349-358.*
- COOPER, K.M. 1984.** Physiology of VA mycorrhizal associations. *In: POWELL, C. & J.BAGYARAJ (Eds.). VA Mycorrhizae, 156-186. CRC Press Inc., Florida. USA.*
- DOUDS & SCHENK, 1990.** Mycorrhizal roles in Tropical plants and ecosystems. Editado Tropical Mycorrhizae Research Cap. 21.
- FRANCO, W., 1982.** Estudio y levantamiento de sitios con fines de manejo forestal en la Unidad I de La Reserva Forestal de Caparo ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Inst. de Silvicultura. Mérida.

FURRAZOLA, E., R.A. HERRERA, L. GONZALEZ-S., R.L. FERRER y L. HERNANDEZ. 1995. Biodiversidad del Orden Glomales (Hongos Micorrizógenos) en un Bosque Tropical (Manuscrito). Instituto de Ecología y Sistemática de la Academia de Ciencias de Cuba. La Habana. Cuba. En: MONASTERIO, M. (Ed.). **Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales.** Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED), subprograma XII Diversidad Biológica. Mérida, Venezuela. (en preparación, Octubre 1993).

GAUCH, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. H.G. Gauch. Cambridge.

GIANNINAZZI-PEARSON, V. y C. AZCON, 1991. Fisiología de las micorrizas vesículo-arbusculares. Cap 18. En fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II. Fijación de N y micorrizas. Ed. J. Olivares, J. Barea. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid.

GRAHAM, J.H., R.G. LINDERMAN & J.A. MENGE. 1982. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of Troyer citrange. *New Phytol.* 91: 183 - 189.

HERNANDEZ, C. y GUEVARA, J. 1994. Especies vegetales de la unidad I de la reserva forestal de Caparo. Cuaderno comodato. ULA-MARNR. #23.

HERRERA, R., R. FERRER y Z. PRIKRIL, 1984. Determinación colorimétrica de la densidad de infección en micorrizas VA por la extracción de azul de tripan II. Comparación con otros métodos. *Act. Bot. Cubana*, 20: 159-175.

HERRERA, R., E. FURRAZOLA, A. VALDEZ, Y. TORRES, R. FERRER y F. FERNANDEZ. 1995a. Estrategias de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Instituto de ecología y sistemática, biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución, procesos sociales (Ed. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED), subprograma XII Diversidad Biológica. Taller de trabajo, Mérida, Venezuela, Octubre de 1993 (en preparación).

HERRERA, R. A.; D. ULLOA, O. VALDEZ-LAFONT, A. PRIEGO, & A. VALDEZ. 1995 b. Elotecnologier for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nature & Resourcer* 35 (4), Unesco y Parthenor ublishing Group. En imprenta.

IBARRA, J. 1995. Sustentabilidad del uso Ganadero en Zonas de Bosque Húmedo Tropical: Parámetros Físico-químicos y Microbiológicos de los Suelos. Un caso de estudio en la Reserva Forestal de Caparo. Estado Barinas, Venezuela. ULA

JANOS, D. 1980. Mycorrhizal influence tropical succession. *Biotropica* (supple), 12: 56-64.

JANOS, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrient cycles and plant growth. *In:* SUTTON, S.L. *et al.* (Eds.). **Tropical Rain Forest: Ecology and Management**, 327-345. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

JURGENSON, O. 1994. Mapa de vegetación y uso actual del area experimental de la reserva forestal de Caparo. Estado Barinas. Ediciones de la Universidad de Los Andes. Facultad de ciencias forestales. Cuaderno comodato ULA-ARNR.

LIBERTA, C. y ANDERSON, 1986. Comparación de especies micorrízicas, abundancia de esporas y potencial de inóculo en un lugares agrícolas. *Bull of Toney Bot, Clus*, 113:178).

LINARES, G., 1992. Evaluación de los cambios producidos en algunas de las propiedades del suelo por efecto del aprovechamiento forestal en cuatro rodales de la unidad I de la reserva forestal de Caparo estado Barinas ULA. Facultad de ciencias forestales. Escuela de ingeniería forestal.

McNAUGHTON, J. & M. OESTERHELD, 1990. Extramatrical mycorrhizal abundance and grass nutrition in a tropical grazing ecosystem, the Serengeti National Park, Tanzania. *OIKOS* 59: 92-96.

- MONTILLA, M., R. HERRERA y M. MONASTERIO.** 1992. Micorrizas vesiculo-arbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión-regeneración en los Andes Tropicales. *Suelo y Planta* 2: 59-70.
- MOSSE, B., & G. BOWEN.** 1968. The distribution of spores in some Australian and New Zealand soils, and in an experimental field soil at Rothamsted. *Micol.*, sec., 51: 485-492.
- MOSSE, B.** 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *In:* ALEXANDER, M. (Ed.). *Advances in Microbial Ecology*, 137-210. Plenum Press, New York, London.
- MORALES, S.,** 1995. actividad micorrízica y diversidad de Glomales en parcelas de diferentes estadios sucesionales en el páramo de Gavidia, Venezuela. Tesis de grado. CIELAT. ULA.
- PERNIA, E.,** 1993. Caracterización de la vegetación de la Reserva Forestal de Caparo a través de imágenes TM de Landsat. ULA. Facultad de Ciencias Forestales, Mérida.
- PHILLIPS, J.M. & D.S. HAYMAN.** 1970. Improved procedures for clearing root and staining parasitic and vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Bryt. Mycol. Soc.* 55: 158 - 160.
- READ, D., H. KOUCHEKI & J. HODGSON.** 1976. Mycorrhiza in natural vegetation systems I. The occurrence of infection. *New Phytol.*, 77: 641-657.
- REEVES, F., D. WAGNER, T. MOORMAN & J. KIEL.** 1979. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed Vs. natural environments. *Amer. J. Bot.* 66: 6-13.
- ROJAS, J.** 1987. La colonización agraria de las reservas forestales: los casos de Ticoporo y Caparo. Universidad de los Andes. Departamento de Geografía humana. Escuela de Geografía. Facultad de ciencias forestales.

- SANDERS, I. & A. FITTER.** 1992a. The ecology and functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. I Seasonal patterns of mycorrhizal occurrence and morphology. *New Phytol.* 120: 517-524.
- SANDERS, I. & A. FITTER.** 1992b. The ecology and functioning of vesicular-arbuscular. II Nutrient and growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal plants in a semi-natural grassland. *New Phytol.* 120: 525-533.
- SARMIENTO, G., M. MONASTERIO y J. SILVA,** 1971. Reconocimiento Ecológico de los Llanos Occidentales I. Las Unidades Ecológicas Regionales. *Acta Científica Venezolana* 22: 52-61.
- SIEVERDING, E.** 1984. Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular. I Curso Nacional sobre Micorrizas. Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira. Sección de la Universidad Nacional. Colombia.
- SILVA, G.** 1978. Estudios de algunos tipos de bosques en la unidad I de la reserva forestal de Caparo en relación con los suelos. ULA. Facultad de ciencias forestales. Instituto de Silvicultura.
- TORRES, A.** 1993. Propuesta de biodiversidad de Caparo informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la reserva forestal de Caparo. Ed. por A. Torres. ULA-MARNR #21.
- VINCENT, L.** 1971. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva forestal de Caparo. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. ULA. Mérida.
- WALLACE, L.** 1987. Effects of clipping and soil compaction on growth, morphology and mycorrhizal colonization of *schizachyrium seoparium*, a C4 bunchgrass. *Oecologia.* 72: 23-428.
- WHITTINGHAM, J. & D.J. READ.** 1982. Vesicular - arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems: III. Nutrient transfer between plants with mycorrhizal interconections. *New Phytol.* 90: 277-284.