

18  
2E3



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE CIENCIAS

Efecto de las Micorrizas Arbusculares en el  
Crecimiento de Plantulas de Especies Arboreas  
en una Selva Baja Caducifolia

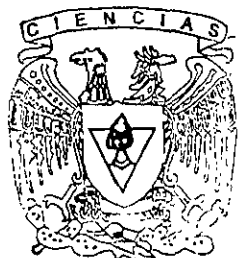
T E S I S

Que para obtener el titulo de:

B I O L O G A

P R E S E N T A

SURAYA BORREGO KIM



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

México, D. F.

Directores de Tesis: Dr. EMMANUEL RINCON SAUCEDO

Dra. MARIA DEL PILAR HUANTE PEREZ



278709  
1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION DE CIENCIAS



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EFEECTO DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES EN EL  
CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE ESPECIES ARBOREAS  
EN UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**B I O L O G A**  
P R E S E N T A :

**SURAYA BORREGO KIM**

**DIRECTORES DE TESIS: DR. EMMANUEL RINCÓN SAUCEDO  
DRA. MARÍA DEL PILAR HUANTE PÉREZ**

**MEXICO, D.F.**

**1999**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento de plántulas  
arbóreas en una selva baja caducifolia".

realizado por Suraya Borrego Kim

con número de cuenta 8955255-7, pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Emmanuel Rincón Saucedo

Propietario Dra. María del Pilar Huante Pérez

Propietario Dra. Alma Orozco Segovia

Suplente M. en C. Ma. Esther Sánchez Coronado

Suplente M. en C. Irene Sánchez Gallén

*Edna María Suárez Díaz*  
Dra. Edna María Suárez Díaz  
Consejo Departamental de Biología

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Emmanuel Rincón por su interés para la realización de este trabajo, por sus acertados comentarios, por apoyarme en todo, por su paciencia, y sobretodo por su gran calidad humana.

Agradezco a la Dra. Pilar Huante por su apoyo en el trabajo de campo y en los análisis de los resultados, por su gran dedicación e interés en aclarar todas mis dudas aun cuando tenía mucho trabajo, por sus bromas y ese excelente buen humor tan característico de ella.

A los miembros del Jurado Dra. Alma Orozco Segovia, María Esther Sánchez Coronado e Irene Sánchez Gallen mil gracias por sus comentarios para la realización del manuscrito final, que mucho mejoró con sus valiosas aportaciones.

A mi Mamá y mi Papá por que muy a su pesar siempre me dejaron hacer todo lo que yo quería, los quiero mucho y les agradezco todo su apoyo y su confianza.

A mis hermanas y hermanos por su cariño y apoyo, en especial a ti Moni, por ti, he entendido el sentido de la familia, por que siempre has estado al pendiente de mi vida lo cual agradezco infinitamente y por que mucho de lo que ahora soy es por tu gran apoyo.

A mis queridísimas amigas de la carrera con quienes compartí momentos inolvidables y también olvidables, Erika Trueba Elizalde, por aquellos amaneceres con donas y chocolate antes de clase, tratando de arreglar al mundo. Y a Georgina Balbuena Contreras porque aunque nunca lo entendí siempre estuviste ahí para apoyarme.

A mis amigos y compañeros de clases Armando Rincón, Kenia Valderrama, Emir Rodríguez, Daniel Navarro, Carlos Gómez Hinojosa (Hinojosa?) Por hacer agradables todos los momentos que pasamos juntos durante la carrera, en especial a Daniel por compartir esa extraña adicción al cine.

A mis compañeros de laboratorio Luz Elena Garza, Nérida Pérez e Irma Acosta, por ayudarme en el trabajo de campo y a procesar mis datos. A Rosalba Amaya, Teresa Flores, Miguel Rivas, Mariana Alvarez, Yvonne Herrerías y Germán González por su gran compañerismo, por que saben formar un buen equipo en el campo y el trabajo se hace menos pesado.

Deseo expresar mi agradecimiento a la gente de la Estación de Biología quienes siempre que lo requerí me brindaron su ayuda. Gracias en especial a la Señora Elena por su excelente comida y porque siempre está de buen humor.

Este trabajo se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Emmanuel Rincón en la Estación de Biología de la UNAM en Chamela, Jal. (en la parte de campo). En el Instituto de Ecología en el procesamiento de las datos Se recibió apoyo del proyecto DGAPA IN218796; CONACYT G0011-N9607; NSF Grant DEB-9622352; CONACYT 25828-N.

Recibí apoyo del Programa de Becas para tesis de licenciatura en Proyectos de investigación Fundación UNAM.

# CONTENIDO

## RESUMEN

### I INTRODUCCION

- 1.- Definición de micorrizas
- 2.- Clasificación de las micorrizas
- 3.- Formación de las micorrizas
- 4.- Nutrientes
- 5.- Dependencia micorrízica

### II PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

### III OBJETIVOS

### IV HIPOTESIS

### V MATERIALES Y METODOS

Sitio de Estudio  
Procedimiento experimental  
Análisis de crecimiento

### VI RESULTADOS

Area Foliar  
Biomasa  
Proporción de Hojas Tallo y Raíz  
Tasa Relativa de Crecimiento  
Relación entre Parámetros

### VII DISCUSION

### VIII BIBLIOGRAFIA

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el papel de las asociaciones micorrizicas en 34 especies, de la Selva Baja Caducifolia en Chamela, Jal., ésta se caracteriza por presentar una alta diversidad de especies vegetales y una marcada estacionalidad.

El experimento fue realizado en un invernadero de campo ubicado en la Estación de Biología. Se colectaron semillas de 34 especies arboreas, de por lo menos seis individuos por especie. Estas semillas se germinaron en dos tratamientos diferentes, en ausencia (-M) y presencia (+M) de micorrizas; utilizando como inóculo, esporas obtenidas de la misma selva.

Se realizaron dos cosechas, cada una de ellas, con ocho réplicas por cada especie y tratamiento: la primera a los cinco días, después de haber germinado las semillas, y la segunda a los sesenta días, después del trasplante. Se midió el área foliar y se obtuvo el peso seco de raíz, tallo y hojas de las plantas obtenidas; los resultados se sometieron a un análisis clásico de crecimiento, se compararon los parámetros del crecimiento entre los dos tratamientos, mediante una prueba de *t* de Student.

La mayoría de las especies presentaron una RGR baja, característica fundamental de especies de ecosistemas selváticos.

En la mayoría de las especies no se encontró una respuesta significativa entre todos los parámetros de crecimiento y entre los dos tratamientos.



La mayoría de las especies presentaron una RGR baja, característica fundamental de especies de ecosistemas selváticos.

La mayoría de las especies presentaron valores altos para RWR y R/S.

No hay una relación significativa entre la dependencia micorrízica y la tasa relativa de crecimiento.

El único parámetro que nos ayudó a determinar cambios en asignación de biomasa fué SLA

## I INTRODUCCION

La gran mayoría de las plantas terrestres forman asociaciones mutualistas con hongos micorrizógenos, con base en los registros fósiles y los hábitos nutricionales de las plantas actuales, se ha inferido que la asociación micorrizica tiene por lo menos 350 millones de años (Chaloner, 1970). Se sostiene además que la evolución de las micorrizas ha sido un precursor esencial para la invasión de la tierra por las plantas y su subsecuente expansión en hábitats terrestres (Fitter, 1991; Pirozynski & Malloch, 1975).

Kidstone & Lang (1912) citado en Stubblefield et al., 1987 y Harley & Smith, 1983, encontraron estructuras que parecen vesículas y esporas parecidas a las que se conocen hoy en día en la corteza rizoidal de *Rhynia* y *Asteroxylon*, esto muestra claramente que los rizomas estaban infectados por hongos similares a los micorrizógenos arbusculares modernos, como los que forma *Glomus* spp (Fitter, 1991).

Estos hallazgos son importantes ya que estas estructuras se consideran particularmente muy delicadas. Sin embargo no se ha obtenido información acerca de la fisiología de estas micorrizas fósiles, aunque, se especula que funcionaban como las de ahora, por lo que puede ser relevante determinar su papel en la colonización de los sistemas terrestres y la subsecuente evolución de las plantas (Stubblefield et al., 1987 y Pirozynski & Malloch, 1975).

La biotrofia condición por la cual los hongos derivan nutrimentos de sus hospederos con un daño mínimo de tejido, es probablemente la forma más avanzada de nutrición fungal.

Existen muchos tipos estructurales de micorrizas de las cuales, las asociaciones micorrizicas arbusculares son las que tienen una importancia relativa mayor en las zonas tropicales, se caracterizan básicamente por estar involucradas tanto en la obtención como en la distribución de nutrimentos (Harley & Smith, 1983, Janos, 1980; Koide et al., 1989). Los hongos que las forman corresponden a las clase Zygomycetes, específicamente del Orden de los Glomales mientras que las plantas van desde briofitas hasta angiospermas (Morton & Benny, 1990).

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) forman estructuras especializadas en las raíces de las plantas, que pueden servir tanto como un sitio de transferencia de nutrimentos entre el hongo y la planta, como estructuras de almacén (Harley & Smith, 1983). Los nutrimentos son capturados por redes de hifas fúngicas que se encuentran en el suelo alrededor de las raíces y son transportados a la planta en un intercambio por carbono derivado de la fotosíntesis. En esta relación el hongo y la planta forman una unidad que influye en sus mutuos metabolismos (Pankow et al., 1995).

Se ha estudiado ampliamente el beneficio que obtienen ambas partes en esta asociación en que por una parte el hongo es un simbiote obligado y recibe de la planta carbohidratos que no es capaz de sintetizar, mientras que por otra parte la planta recibe una gama de beneficios, como la obtención de iones inmóviles (principalmente fosfato); se modifican las relaciones hídricas (quizá como una consecuencia del incremento de la nutrición) y protección contra patógenos. De todo esto se desprende que el abastecimiento de fósforo es el más importante. Aunque no se debe generalizar al respecto, ya que se piensa que existen niveles de micorrización, en los cuales algunos de estos hongos pueden ser simbiotes

más eficientes que otros o beneficiar de diferente manera; dicho lo anterior según Fitter & Merryweather, (1992) y Newsham, (1995) han demostrado que la morfología de las raíces puede determinar el efecto de la micorrización, un ejemplo de esto es *Hyacinthoides non-scripta* que es una planta bulbosa con raíces gruesas poco ramificadas en donde se da un mayor flujo de fósforo, mientras que en *Vulpia ciliata* que es un pasto anual con raíces finas, el efecto de los hongos está más enfocado hacia protección, así que hay especies en las que se puede dar una relación directa entre la densidad de infección y flujo de nutrimentos, aunque claro no debe ser tan determinante ya que se deben tomar en cuenta las diferentes historias de vida de las plantas y su respuesta a diferentes condiciones ambientales.

El estudio de esta simbiosis es esencial para complementar nuestros conocimientos acerca de la adquisición y la utilización de nutrimentos en muchas comunidades de plantas; la variación de éstas y su respuesta a la colonización micorrízica (Janos, 1980; Koide et al., 1988).

#### 1.-Definición de micorrizas.

En el suelo, las plantas hacen contacto con el medio a través de un tipo de interfase que rodea estrechamente las raíces activas; la rizósfera, la cual es rica en microorganismos que, en comparación con la parte restante del suelo, es una zona de gran actividad biológica. Dentro de los microorganismos de la rizósfera se encuentran ciertos hongos que colonizan las raíces y forman con ellas una relación simbiótica. A esta asociación se la denomina micorriza, término, que deriva de los vocablos griegos *muques* que significa "hongo" y *rhiza* "raíz".

En esta asociación están involucrados miembros del reino Fungi (Zygomycetes, Ascomycetes y Basidiomycetes) y muchas plantas vasculares, donde la planta hospedera recibe nutrimentos minerales y agua principalmente, por su parte el hongo obtiene componentes de carbono derivados de la fotosíntesis (Harley & Smith, 1983).

Las raíces de muchas plantas, ya sea en estado natural o cultivadas están asociadas íntimamente con una, y algunas veces con más de una, de las muchas especies de hongos micorrizógenos (Janos 1975). Las raíces de las plantas y los hongos micorrizógenos viven juntos en un balance o una relación simbiótica en la cual usualmente ambas partes reciben beneficio de la asociación. Las asociaciones fúngicas micorrízicas son altamente especializadas y causan poco o ningún daño a su hospedero. Se ha reportado que la mayoría de las plantas de importancia económica para el hombre son micorrízicas (Janos 1975, Allen 1991). En experimentos controlados se ha demostrado que algunas de estas plantas no crecen ni se reproducen normalmente sin micorrizas. Por otro lado, las plantas no micorrízicas son poco usuales ejemplo de esto son las familias Amaranthaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae, Polygonaceae sobre las cuales se piensa que carecen de algún factor asociado con raíces de otras plantas, y por lo tanto, no se pueden micorrizar aun estando cerca de raíces micorrizadas (Menge, 1983; Jackson & Mason, 1984).

## 2.-Clasificación de las micorrizas.

Aunque hay muchos tipos estructurales de micorrizas, todas están compuestas de una matriz externa de hifas y de una superficie de intercambio entre la planta y el hongo, en donde se realiza un movimiento bidireccional de nutrimentos. El micelio externo se extiende más allá de las zonas de escasez que se forman alrededor de la raíz y transporta nutrimentos a la planta. (Harley & Smith, 1983; Allen, 1991).

Las asociaciones más comunes son: a) endomicorrizas, se caracterizan básicamente por desarrollar sus estructuras dentro de las células de las raíces, (se clasifican en micorrizas arbusculares, micorrizas de orquídeas y micorrizas de ericales); b) ectomicorrizas, se caracterizan por colonizar las raíces de las plantas intercelularmente. Y c) ectendomicorrizas, colonizan a sus hospederos tanto intercelular como intracelularmente (Harley & Smith, 1983)(Fig. 1).

### Endomicorrizas:

(ia) Micorrizas arbusculares (MA). Están formadas por los hongos Zygomycetes, se caracterizan por un micelio que se extiende y se ramifica en el suelo, que además está conectado a las hifas que penetran las células de la corteza de las raíces.

El micelio que penetra las raíces, crece dentro y entre las células corticales, da lugar a dos tipos de estructuras: los arbusculos y las vesículas.

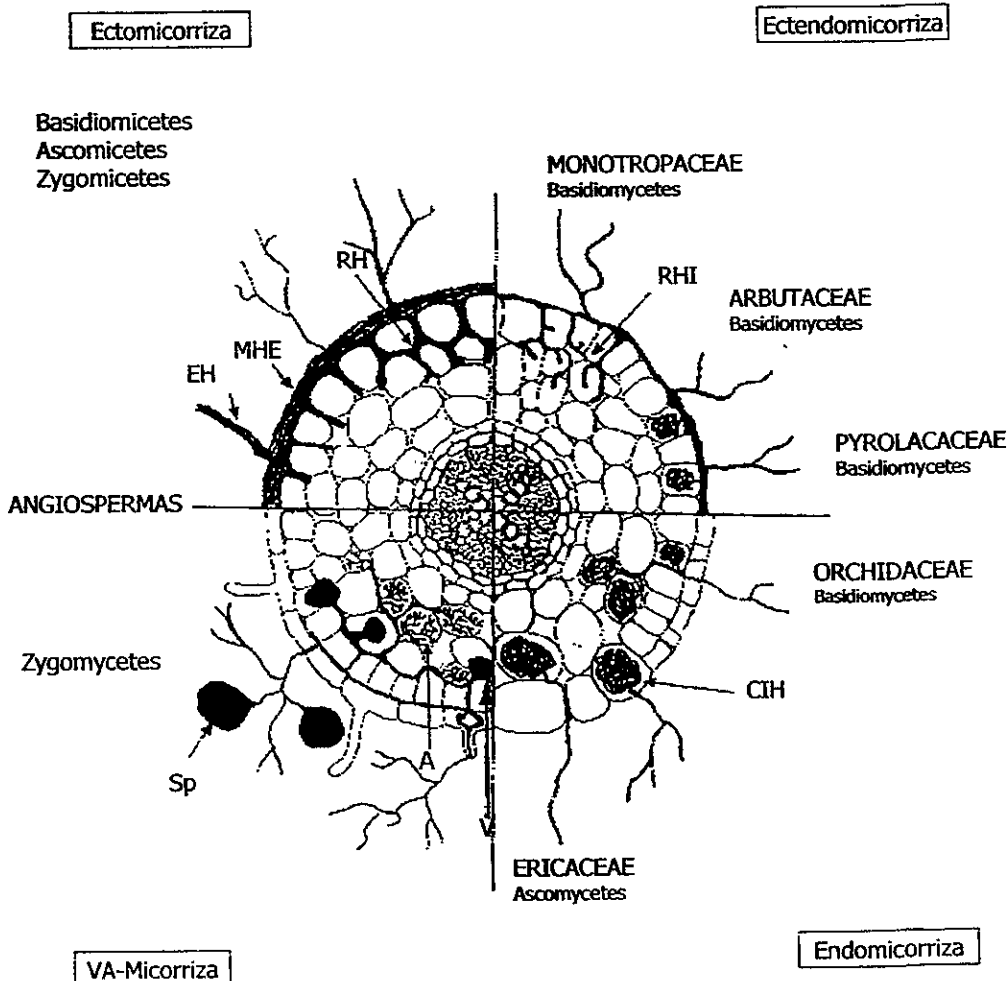
Los arbusculos son formados por hifas que se ramifican continuamente, en donde se lleva a cabo el intercambio trófico planta-hongo y a partir de que se forman tienen una duración de 14 días aproximadamente (Harley & Smith 1983). Y las vesículas se forman cuando las hifas se dilatan y se ensanchan para formar estructuras parecidas a ámpulas, formando así el segundo tipo de estructuras,

éstas se desarrollan más tarde en el proceso de colonización, y comparadas con los arbusculos, contienen un gran número de gotas lipídicas que se piensa podrían tener la función de almacenaje (Harley & Smith, 1983).

A las MA anteriormente se les denominaba micorrizas vesículo-arbusculares, pero estudios y observaciones han demostrado que miembros de los géneros *Scutellospora* y *Gigaspora* forman micorrizas con arbusculos, pero no con vesículas por lo que ahora sólo se les denomina MA (Walker 1995). Sin embargo, Smith & Read (1997) consideran que en el ámbito de los micorrizólogos causaría confusión cambiar el término y no es necesario sobre todo si se considera el hecho de que algunos hongos nunca desarrollarán vesículas y que varía el desarrollo de ciertas estructuras fúngicas en las células corticales, como los ovillos y los arbusculos.

(ii) Micorrizas de orquídeas, donde los hongos forman espirales de las hifas con las raíces o tallos (Harley & Smith 1983). Las orquídeas forman micorrizas con basidiomicetes, algunos de estos son saprofitos o parásitos de otras plantas y transfieren carbono orgánico y nutrientes minerales derivados del suelo a las orquídeas (Smith & Read 1997).

(iii) Micorrizas ericoides. Están formados por hifas en espiral y se encuentran alrededor de las células de los pelos radicales de las plantas. En este tipo de asociación la red de Hartig y las hifas están restringidas exclusivamente a la epidermis de la raíz. Se desarrollan típicamente en dos géneros de la familia Ericaceae (Molina et al., 1992).



**Fig 1.** Esquema de las diferentes formas de las micorrizas. EH Extensión hifal; MHE manto de hifas externas; RH red de Hartig; RHI red de hifas extracelulares; CIH complejo intracelular de hifas, V vesícula fungal; A arbusculo; Sp espora (Tomado de Larcher 1995)



### Ectomicorrizas:

son asociaciones de hongos Basidiomycetes y Ascomycetes con las raíces de plantas leñosas. Se caracterizan por formar estructuras hifales externas a las células corticales de las raíces de las plantas. Las ectomicorrizas forman una red de micelio la cual desarrolla un manto que rodea a las raíces por invasión intercelular de la corteza de la raíz. Además de su función en la absorción de nutrimentos, el manto es también un órgano de almacenamiento tanto de carbohidratos como de los nutrimentos derivados del suelo. Las hifas de la parte del manto, que crecen entre las células corticales de la raíz pueden penetrar a diferentes profundidades dependiendo de las especies de árbol y hongo, formando la red de Hartig (Harley & Smith 1983).

Ectendomicorrizas: Forman una red de Hartig, y usualmente un manto reducido, colonizan intracelularmente las células corticales y de la epidermis, se ha reportado un solo género de hongo para este tipo de asociación que es el género *Wilcoxina* con tres especies (Mikola, 1965). Estos hongos están ampliamente distribuidos en Finlandia y Norte América.

Estas breves descripciones deben mostrar que el término micorriza es usado para describir las muchas asociaciones mutualistas simbióticas entre hongos y plantas. En particular, es importante mencionar que cada tipo de micorriza tiene características y funciones propias, lo cual no implica que todas las micorrizas tengan la misma función ni el mismo efecto en las plantas (Smith & Read, 1997).

### 3.- Formación de las micorrizas

Las MA se pueden formar a partir de tres fuentes de inóculo:

(i) Esporas: estructuras móviles de resistencia, producto de la reproducción asexual, son tolerantes al estrés y son importantes para colonizar en ambientes nuevos, ya que pueden ser dispersadas por el viento, animales etc.

(ii) Micelio: Las MA forman un micelio (agregados de hifas que se unen en el suelo) en forma de abanico que se ramifica en forma dicotómica a partir de un tronco que son las hifas corredoras (runner hyphae) (Allen 1991). Éstas son de pared gruesa y son las que exploran y rastrean las raíces del suelo. A partir de éstas se desarrollan las hifas de absorción que forman una red que se extiende en el suelo, éstas son las que absorben los nutrimentos del suelo para transportarlos a la raíz.

(iii) Raíces infectadas: con vesículas intrarradicales.

La rizósfera es la zona alrededor de las raíces donde se da una rápida e intensa estimulación de la población microbiana (Hiltner, 1904). Un aspecto clave en la biología de la rizósfera es la liberación de exudados (compuestos orgánicos) producidos por las raíces que los rodea (Bowen, 1987). Los exudados afectan el crecimiento saprofítico y el desarrollo del micelio de hongos micorrizicos arbusculares (HMA), intervienen en la tasa de crecimiento de las hifas, frecuencia de ramificación y dirección del crecimiento (Koske & Gemma, 1992). Los exudados volátiles (CO<sub>2</sub>) liberados de las raíces actúan como mensajeros, afectando la direccionalidad y/o tasa de crecimiento de los tubos germinales de los HMA (Azcón & Ocampo, 1984).

La presencia de los componentes activos en los exudados de las raíces pueden actuar como las primeras señales de las plantas para estimular el crecimiento de los HMA y promover la micorrización. (Gianinazzi-Pearson et al., (1989) han

propuesto que los flavonoides pueden estar involucrados en la primera interacción de los simbiontes micorrizicos.

#### 4.- Nutrimientos

Los hongos micorrizicos arbusculares tienen un efecto significativo en el crecimiento de las plantas cuando los nutrientes presentes en el suelo se encuentran en bajas concentraciones, como por ejemplo el fósforo el cual se encuentra poco disponible por lo cual se considera un recurso limitante. Una de las razones de la escasez del fósforo en el suelo es que los iones pirofosfato (Pi) se adsorben rápidamente con los coloides del suelo o se precipitan como fosfatos de Fe y Al en suelos ácidos y como fosfatos de Ca y Mg en suelos alcalinos, lo que los hace inmóviles. La baja tasa de difusión del fosfato en el suelo junto con la rápida adsorción del mismo por las raíces, crea zonas de escasez (Hetrick, 1989), ya que esta zona no puede ser adecuadamente abastecida de fósforo; las raíces colonizadas con HMA a través de las hifas son capaces de explotar un mayor volumen de suelo para obtener fósforo (Sieverding, 1991).

Harley & Smith, 1983).

Estudios con  $^{32}\text{P}$  confirman que existe transporte de fósforo a través de las hifas fúngicas hacia la planta (Pearson et al., 1975; Hatting, 1975; Jakobsen, 1995a), aunque aún no se pueden explicar diferencias en el patrón de absorción de fósforo. (Bolan et al., 1984). Todavía se desconoce cuál es el mecanismo de entrada del fósforo a las hifas, pero se cree que es debido a que en el suelo existe una menor concentración de fósforo que en las hifas fúngicas. Se piensa que es

transportado como polifosfato en un gradiente de concentración entre las hifas y la interfase simbiótica (Jakobsen, 1995b).

Tinker (1975) propone que el fósforo es absorbido del suelo por las hifas de los HMA y lo traslocan hacia las raíces colonizadas por ellos. De esta manera las hifas actúan como una extensión de la raíz, así que aparte de incrementar el área de absorción, se permite la entrada a los poros del suelo que no pueden explorar las raíces por sí mismas ya que el diámetro de una hifa es de 1-2 micras, mientras que un pelo radicular fino mide 72 micras (Harley & Smith 1983; Brundrett 1991). Por ejemplo: en un cm<sup>3</sup> de suelo, hay 2-4 cm de raíz, 1-2 cm de pelos radicales y 50 cm de hifas micorrizicas. Cress et al., (1979) han sugerido que las hifas externas tienen una gran afinidad (bajo potencial de membrana) para el fósforo, más que las raíces no micorrizicas (Gianinazzi-Pearson & Gianinazzi, 1983; Allen 1991). La mayor transferencia del hongo hacia la planta ocurre en aquellas células corticales que contienen arbusculos; sin embargo, las hifas que se encuentran en la raíz también pueden liberar P a la planta hospedera (Sieverding 1991).

##### 5.-Dependencia micorrizica

La respuesta en el crecimiento de la planta a los HMA está relacionada con el grado de dependencia de ella por la simbiosis para la absorción de nutrimentos. Gerdeman (1975) usó el término de dependencia micorrizica (Dep Mic) para describir lo anterior, se define como el grado en que una planta requiere de la condición micorrizica para producir su máximo desarrollo a un valor dado de fertilidad del suelo. Los principales determinantes de esta dependencia son las características morfológicas y fisiológicas de una planta; en particular, las

características del sistema radical. Sin embargo, por medio de la fertilidad del suelo se puede determinar que porción del beneficio potencial que ofrece el hongo a la planta se lleva a cabo. Aunque la concentración de fósforo no siempre se relaciona con la dependencia micorrizica, debido a las características del desarrollo del sistema hifal externo de los HMA, además de estar influenciada por diferentes factores, como la producción de pelos radicales, grado de crecimiento de la planta, fertilidad del suelo, transporte y uso de fósforo.

Plenchette et-al. (1983) proponen que la dependencia micorrizica debe ser expresada como sigue:

$$\text{RFMD} = \frac{\text{Peso seco de plantas micorrizadas} - \text{Peso seco de plantas no micorrizadas}}{\text{Peso seco de plantas micorrizadas}} \times 100$$

Donde: RFMD= Relative Field Mycorrhizal Dependency

La respuesta a la infección se puede inferir a partir de la eficiencia en el uso de nutrimentos o en su caso del fósforo (que se define como la cantidad de nutrimentos o fósforo por unidad de biomasa). Una planta micorrizada invertirá menor cantidad de biomasa para la captura de agua y nutrimentos debido a que es auxiliada por las hifas de los HMA, entonces la relación entre la cantidad de nutrimentos por unidad de biomasa de la planta será mayor en plantas micorrizadas, por lo que las plantas tendrán una mayor eficiencia en la captura de nutrimentos por la influencia de las micorrizas (Chapin 1980).

Se ha logrado demostrar que la tasa de captura de fósforo se incrementa con la asociación micorrízica, lo cual da como resultado un incremento en la tasa de crecimiento de las plantas; sin embargo, se ha observado que durante ciertas etapas del ciclo de vida de la planta la demanda de fósforo puede ser muy baja ya que la captura de fósforo puede ser requerida solo durante ciertas etapas de su ciclo (Allen 1993).

En selvas tropicales se espera que haya una mayor dependencia micorrízica ya que el fósforo disponible, se encuentra en bajas concentraciones y generalmente las plantas en este tipo de ecosistemas están altamente micorrizadas (Allen 1991; Corkidi 1996; Smith & Read 1991)

## II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las selvas bajas caducifolias son sistemas tropicales que representan el 42% de los ecosistemas tropicales a nivel mundial (Murphy & Lugo, 1986). Un buen ejemplo es la región de Chamela, Jalisco.

Este tipo de ecosistemas se caracterizan por presentar una gran diversidad vegetal y una marcada estacionalidad en el régimen de precipitación y, por lo tanto, marcadas variaciones en la disponibilidad de los recursos esenciales para el crecimiento de las plantas. Durante el periodo de secas, la mayoría de las plantas cesan su actividad vegetativa, tiran sus hojas, maduran sus frutos y liberan sus semillas (Janzen 1988). Una manera de dar respuesta a la forma en que las especies resuelven esto, es mediante el análisis de crecimiento, evaluando la respuesta en crecimiento de diferentes especies en diferentes disponibilidades de recursos. Que en el caso particular de este trabajo la variable es la presenciaausencia de micorrizas y de cómo estas influyen en el crecimiento de las plantas, tomando en cuenta que en sistemas tropicales el fósforo es un recurso limitante debido a que se encuentra poco disponible para las plantas (Newsham et al., 1995)

En estudios anteriores en Chamela, con diferentes especies leñosas se hizo evidente que las especies forman un gradiente de respuesta a la disponibilidad de recursos, en los extremos de dicho gradiente se pueden distinguir dos grupos que

contrastan respecto a su tasa de crecimiento. Aquellas que presentan una tasa de crecimiento rápida que se caracterizan por producir semillas pequeñas, encontrarse en sitios perturbados y altamente productivos; por lo cual responden

a grandes cambios en biomasa. Y aquellas que presentan una tasa de crecimiento lenta tienen semillas grandes y por habitar en sitios poco productivos, es decir con escasez de recursos por lo que es probable que estas especies se beneficien más significativamente de la asociación con HMA, y que además responden con pocos cambios en biomasa (Huante 1992, Huante et al. 1992, Rincón & Huante 1993, Huante et al. 1993, Rincón & Huante 1994, Huante et al. 1995a, b; Huante 1996, Huante & Rincón 1998).

### III OBJETIVOS

En este trabajo se plantea explicar, cual es el papel de la asociación micorrízica arbuscular, en el crecimiento y asignación de biomasa de plántulas de 34 especies arbóreas en un ecosistema de selva baja caducifolia.

#### Objetivos particulares

Determinar cuál es el efecto de la micorrización en el crecimiento de plántulas de diferentes especies arbóreas.

Determinar cuál es el efecto de la micorrización en la asignación de biomasa de plántulas de diferentes especies arbóreas.

Evaluar la relación entre la dependencia micorrízica y la tasa de crecimiento de las especies.



#### IV HIPÓTESIS

En experimentos anteriores se ha cuantificado la tasa de crecimiento de algunas especies arbóreas de Chamela y se han clasificado en especies de rápido, mediano y lento crecimiento. Tomando esto en cuenta se espera que las micorrizas tengan un menor efecto en especies de rápido crecimiento ya que habitan en zonas con una alta disponibilidad de recursos (Huante 1996). Por otro lado, se espera que las micorrizas tengan un mayor efecto en especies de tasas de crecimiento lentas ya que habitan en lugares con poca disponibilidad de recursos.

Se espera que la micorrización modifique la asignación de biomasa a las raíces, ya que si la planta recibe nutrimentos por parte de la micorriza, entonces la planta asignará menor cantidad de recursos a la producción de raíces y mayor cantidad de recursos hacia la parte aérea.

## V.-MATERIALES Y METODOS

### Sitio de estudio

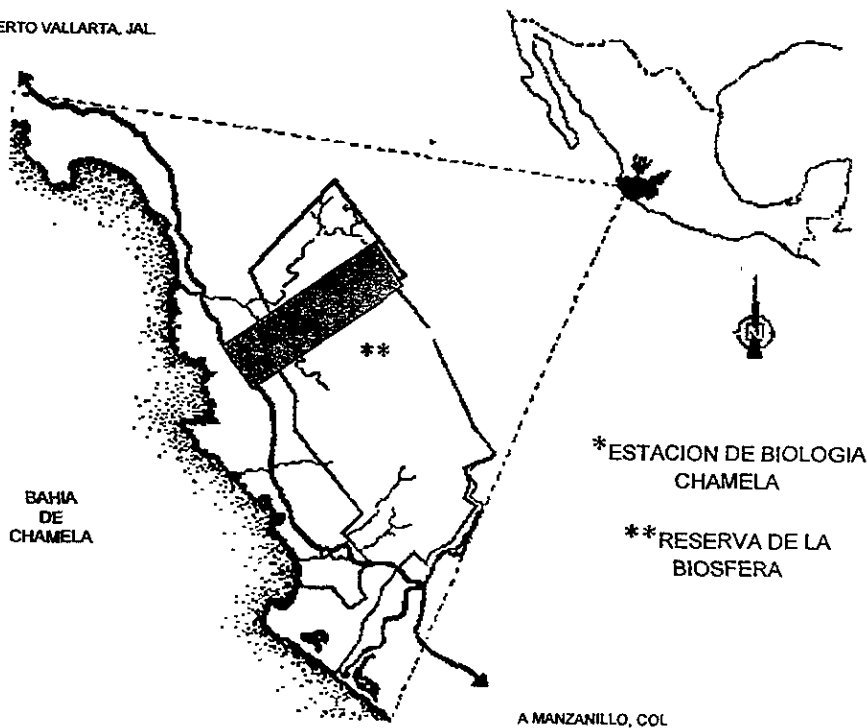
Este trabajo se llevó a cabo en la selva baja caducifolia en la Estación de Biología "Chamela" de la Universidad Nacional Autónoma de México en Jalisco. Se localiza aproximadamente entre los paralelos  $19^{\circ} 30'$  de latitud norte y los  $105^{\circ} 03'$  de longitud oeste; a 2 km de la costa del Pacífico en el Municipio de la Huerta (Fig 2). Tiene una extensión de 1600 ha (Lott, 1985) y forma parte de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuizmalá (Fig 1). La región se caracteriza por presentar un régimen de lluvias claramente estacional influenciado por tormentas tropicales y ciclones (García et al., 1995). El clima característico de la región es cálido subhúmedo (Awo(x')i, de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1964). El periodo de lluvias ocurre entre los meses de julio y noviembre, con un promedio de 53 días por año y una precipitación promedio anual de 748mm. Ocasionalmente entre los meses de diciembre y enero se llegan a presentar lluvias (Bullock, 1986). La temperatura promedio anual es de  $24.9^{\circ}\text{C}$ , con pocas diferencias entre las temperaturas máximas ( $29.1^{\circ}$ -  $32.0^{\circ}\text{C}$ ), pero con grandes diferencias entre las temperaturas mínimas ( $14.8^{\circ}$ - $22.9^{\circ}\text{C}$ ), los meses más calurosos se ubican entre mayo y septiembre (Bullock 1986). Los suelos son generalmente someros de colores café amarillentos, con textura de migajón arenoso, escasa materia orgánica (5.03%), de drenaje rápido y muy pedregosos en las pendientes. El pH presenta una ligera tendencia hacia la acidez; contenido

de nitrógeno y fósforo alto; siendo este último el elemento crítico en esta comunidad, por su baja disponibilidad (Solís 1980).

El tipo de vegetación que domina en esta región es bosque tropical deciduo (Rzedowski, 1978). La flora en un área de 350 km<sup>2</sup> consiste en 1120 especies en 544 géneros de 124 familias. De todas las especies el 10% son endémicas del Estado de Jalisco (Lott 1993).

La riqueza florística de Chamela es alta, ya que se conocen alrededor de 779 especies que se agrupan en 107 familias de plantas vasculares (Lott, 1985). El número de especies asciende a 1120, agrupadas en 124 familias, al incluirse el área de la bahía de Chamela (Lott, 1993). Las familias más diversas son Leguminosae y Euphorbiaceae, seguidas por Asteraceae, Convolvulaceae, Rubiaceae, Bromeliaceae, Malvaceae y Acanthaceae.

A PUERTO VALLARTA, JAL.



BAHIA  
DE  
CHAMELA

\* ESTACION DE BIOLOGIA  
CHAMELA

\*\* RESERVA DE LA  
BIOSFERA

A MANZANILLO, COL

Figura.2 Mapa donde se localiza la zona de estudio.  
(Realizado por el Diseñador Gráfico Tomás Bravo)

## Procedimiento experimental.

Las especies que se utilizaron en este estudio (Tabla 1), corresponden a 18 familias, en las cuales la familia Leguminosae es la que está representada por más especies (14 especies). La familia Bignoniaceae fue representada por cuatro especies y todas las demás familias estuvieron representadas por una especie. La mayoría de estas especies ya han sido estudiadas y se reporta que pertenecen a diferentes sitios de la selva formando parte tanto de diferentes sitios de sucesión. De acuerdo a su tasa de crecimiento se reportan tres grupos de especies; especies de rápido crecimiento, especies de mediano crecimiento y especies de lento crecimiento (Huante et al., 1995; Huante et al., 1992 y Rincón & Huante, 1993). Las especies de este estudio comprenden distintas formas de crecimiento: arbustos, árboles medianos y árboles grandes de las cuáles 25 son árboles, 7 son árboles pequeños o arbustos y 2 son arbustos (Lott 1993).

## Suelo

Se colectó suelo de varias zonas de la selva, en específico donde hubiera raíces finas, se revolvió con arena de sílice en una proporción de tres partes de arena por una de suelo hasta formar una mezcla homogénea. Esta se esterilizó en una esterilizador de resistencias por un periodo de 12 h a 100 °C, una vez fría se llenaron macetas de 5 litros y se sellaron con cinta adhesiva, este proceso se realizó con un mes de anticipación antes de germinar las semillas.

## Semillas

Se colectaron semillas de las 34 especies, aproximadamente de seis individuos adultos por cada una de las especies, se limpiaron y clasificaron ya que algunas son dañadas por insectos (presentan perforaciones y marcas redondas, señal de que tienen larvas por debajo de la testa).

## Germinación

Las semillas se hidrataron previo a la germinación en agua esterilizada durante 12 o 24 horas, según la especie. En algunas especies fue necesario escarificar con ácido sulfúrico al 100%, para eliminar parte de la testa y pudieran hidratarse para germinar exitosamente. Una vez hidratadas se colocaron en charolas con arena de sílice estéril (en un horno de resistencias a 95 °C/12horas), con el propósito de eliminar cualquier contaminación por esporas.

El primer día de germinación se tomó a partir de que apareció la radícula, a partir de entonces se contaron cuatro días más y las plántulas fueron sometidas a dos procesos: a) se transplantaron en macetas de polietileno negro de cinco litros, en el invernadero (localizado en la Estación de Biología) bajo dos tratamientos de micorrizas (ver párrafos siguientes) y b) se cosecharon, dividiéndolas en sus partes principales, cotiledones, hojas, raíces y tallos. A los cotiledones y a las hojas se les midió el área foliar, utilizando un medidor de área foliar LI-COR 1300, todas estas partes se guardaron en bolsas de papel glassine, etiquetadas con el nombre de la especie y la estructura que contenía; se secaron en un horno durante 24 h a 80 °C, esta cosecha se le denominó "cosecha inicial".

Tabla 1. Lista de las especies estudiadas, la clasificación de las familias es de acuerdo a Lott (1985,1993). Se incluye la familia y la forma de crecimiento.

Especies	Familia	Forma de crecimiento	Tasa de crecimiento
1 <i>Acacia farnesiana</i>	Leguminosae	Arbol ó arbusto	Intermedia
2 <i>Acacia sp</i>	Leguminosae	Arbol ó arbusto	Intermedia
3 <i>Albizia occidentalis</i>	Leguminosae	Arbol ó arbusto	Intermedia R
4 <i>Apoplansia paniculata</i>	Leguminosae	Arbol ó arbusto	Intermedia
5 <i>Caesalpinia coriaria</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
6 <i>Caesalpinia eriostachys</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
7 <i>Caesalpinia plathyloba</i>	Leguminosae	Arbol ó arbusto	Intermedia
8 <i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
9 <i>Chloroleucon mangense</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
10 <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia R
11 <i>Lonchocarpus enicocarpalis</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
12 <i>Lysiloma microphyllum</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
13 <i>Mimosa sp.</i>	Leguminosae	Arbusto	Intermedia
14 <i>Pithecellobium dulce</i>	Leguminosae	Arbol	Intermedia
15 <i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	Arbol	Intermedia
16 <i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae	Arbol	Intermedia
17 <i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Bignoniaceae	Arbol	Intermedia
18 <i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Arbol	Intermedia
19 <i>Plumeria rubra</i>	Apocynaceae	Arbol	Intermedia
20 <i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	Arbol	Intermedia
21 <i>Thouinia paucidentata</i>	Sapindaceae	Arbol ó arbusto	intermedia
22 <i>Celaenodendron mexicanum</i>	Euphorbiaceae	Arbol	Lenta
23 <i>Coccoloba barbadensis</i>	Polygonaceae	Arbol	Lenta
24 <i>Recchia mexicana</i>	Simaroubaceae	Arbol	Lenta
25 <i>Ruprechtia fusca</i>	Polygonaceae	Arbol	Lenta
26 <i>Swietenia humilis</i>	Meliaceae	Arbol	Lenta
27 <i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	Arbol	Rápida
28 <i>Amphipterygium adstringens</i>	Julianaceae	Arbol	Rápida
29 <i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Arbol	Rápida
30 <i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochlospermaceae	Arbol	Rápida
31 <i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	Arbol ó arbusto	Rápida
32 <i>Heliconia pallidus</i>	Tiliaceae	Arbol	Rápida
33 <i>Ipomoea wolcottiana</i>	Convolvulaceae	Arbol	Rápida
34 <i>Lagrezia monosperma</i>	Amaranthaceae	Arbusto	Rápida

## Germinación

Las semillas se hidrataron previo a la germinación en agua esterilizada durante 12 o 24 horas, según la especie. En algunas especies fue necesario escarificar con ácido sulfúrico al 100%, para eliminar parte de la testa y pudieran hidratarse para germinar exitosamente. Una vez hidratadas se colocaron en charolas con arena de sílice estéril (en un horno de resistencias a 95 °C/12horas), con el propósito de eliminar cualquier contaminación por esporas.

El primer día de germinación se tomó a partir de que apareció la radícula, a partir de entonces se contaron cuatro días más y las plántulas fueron sometidas a dos procesos: a) se transplantaron en macetas de polietileno negro de cinco litros, en el invernadero (localizado en la Estación de Biología) bajo dos tratamientos de micorrizas (ver párrafos siguientes) y b) se cosecharon, dividiéndolas en sus partes principales, cotiledones, hojas, raíces y tallos. A los cotiledones y a las hojas se les midió el área foliar, utilizando un medidor de área foliar LI-COR 1300, todas estas partes se guardaron en bolsas de papel glassine, etiquetadas con el nombre de la especie y la estructura que contenía; se secaron en un horno durante 24 h a 80 °C, esta cosecha se le denominó "cosecha inicial".

## Inóculo

Se utilizó como inóculo, esporas y suelo de selva, las esporas fueron obtenidas de suelo de diferentes sitios de la misma selva, éstas se extrajeron por el método de decantación y gradiente de sacarosa (Daniels & Skipper, 1982). Del lavado de las esporas se obtuvo parte de la microflora y microfauna que se incorporó en ambos



tratamientos, siguiendo el procedimiento de Koide & Li (1989), para incorporar organismos no micorrizicos al suelo esterilizado.

### Crecimiento

De las plántulas germinadas se escogieron 16 individuos por especie y se transplantaron en el invernadero donde la temperatura y humedad fueron similares para todos los individuos, se regaron diariamente y cuando fue necesario se aplicó insecticida.

Las plántulas de cada especie se sometieron a dos tratamientos, 8 individuos en ausencia de micorrizas (-M) y 8 individuos en presencia de micorrizas (+M), dejándolas crecer por un periodo de 60 días

Para el tratamiento de +M se hicieron cinco extracciones repetidas utilizando siempre el mismo volumen de suelo (150 ml), hasta formar un concentrado de esporas, de éste se extrajeron diez ml y se hizo un conteo obteniendo en promedio trescientas esporas, como resultado de tres repeticiones.

Para inocular cada una de las macetas se utilizó un volumen de 10 ml, además de que se agregó una capa de suelo de la misma selva sin esterilizar y se dejó a la intemperie por 48hr, para eliminar nemátodos y otros organismos que pudieran afectar el desarrollo y crecimiento de los HMA.

Por otro lado el tratamiento de -M comprendió ocho réplicas por especie, sin adicionar ninguna espora y solo suelo estéril.

A los sesenta días se realizó la segunda cosecha, denominada a partir de ahora "cosecha final". Se siguió el mismo procedimiento que en la cosecha inicial sólo que las plántulas se secaron por un periodo de 48 h.

Las raíces fueron teñidas mediante el método de Koske & Gemma (1989), con el fin de cerciorarse de que hubo formación de estructuras. Para la observación de estructuras fúngicas se realizaron preparaciones con 50 fragmentos de raíces, por especie, con dos réplicas. Lo mismo se realizó para el tratamiento de -M.

#### Análisis de crecimiento

Los resultados fueron sometidos a un análisis clásico de crecimiento (Evans, 1972; Hunt, 1990) donde se compararon los parámetros de crecimiento mediante análisis estadístico, que más adelante se señala, entre los dos tratamientos.

El crecimiento en las plantas se define como cambios irreversibles en forma, tamaño y biomasa; conforme una planta crece va produciendo una mayor cantidad de tejido fotosintético que le permite incrementar su capacidad fotosintética.

Con el análisis de crecimiento es posible conocer la tasa de cambio en peso (generalmente seco) por unidad de peso de la planta en el tiempo. Existen dos tipos de análisis de crecimiento: el clásico y el funcional. En el primero se considera el crecimiento promedio de las plantas con base en dos cosechas en el que se asume un modelo de tipo lineal del logaritmo del peso vs tiempo. Por otro lado, en el análisis funcional el número de cosechas es mayor y es posible ajustar algún tipo de modelo matemático al cambio en biomasa de las plantas en el tiempo con el cual se presente un análisis más detallado de dicho crecimiento (Hunt, 1982; Hunt, 1990).

Los parámetros que se utilizan en ambos modelos permiten inferir con cierta medida algunas de las respuestas fisiológicas y morfológicas de las plantas. Entre estos parámetros se consideran:

RGR (Tasa Relativa de Crecimiento), cuantifica la velocidad de incremento de biomasa seca en el tiempo, en función de la biomasa inicial. Y puede ser considerada como la velocidad de crecimiento promedio entre dos cosechas.

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

y se calcula de la siguiente manera:

- $W_1$  = Peso seco de todo el individuo de la cosecha inicial
- $W_2$  = Peso seco de todo el individuo de la cosecha final
- $t_1$  = Tiempo en que se llevo a cabo la cosecha inicial
- $t_2$  = Tiempo en que se llevo a cabo la cosecha final

Es el resultado de dos componentes:

$$RGR = NAR \times LAR$$

NAR (Tasa de Asimilación Neta), es la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar por día de crecimiento. Este parámetro se considera como una medida indirecta de la actividad fotosintética de la planta, ya que cuantifica la contribución de las hojas a la acumulación de la biomasa total.

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1}$$

- $A_2$  = Area foliar medida al realizarse la segunda cosecha
- $A_1$  = Area foliar medida al realizarse la primera cosecha

LAR (Proporción de Área Foliar). Se define como la cantidad de área foliar por unidad del peso del total de la planta.

$$LAR = \frac{\text{Area Foliar}}{\text{Peso seco total de la planta}}$$

Se puede considerar como un índice morfológico, que tiene dos componentes a su vez

$$LAR = SLA \times LWR$$

SLA (Área Foliar Específica), se refiere a la relación entre el área y el peso foliar, la cuál es una medida indirecta del grosor de las hojas.

$$SLA = \frac{\text{Área Foliar}}{\text{Peso seco Foliar}}$$

LWR (Proporción del peso foliar). Se considera como la proporción del peso de hojas respecto al peso total de la planta.

$$LWR = \frac{\text{Peso seco hojas}}{\text{Peso seco total de la planta}}$$

Existen otras variables en el análisis de crecimiento, que relacionan la biomasa de alguna estructura con la biomasa de otra estructura. Uno de las relaciones más usadas es el cociente Root/Shoot (raíz/vástago).

R/S (Root/Shoot), esta es una medida del patrón de asignación de biomasa a estructuras de captura de carbono respecto a estructuras de captura de agua y nutrimentos

$$R/S = \frac{\text{Peso de la raíz}}{\text{Peso de la parte aérea}}$$

SWR (Proporción del peso del tallo). Se considera como la proporción del peso del tallo respecto al peso total de la planta.

$$SWR = \frac{\text{Peso seco tallo}}{\text{Peso total de la planta}}$$

RWR (Proporción del peso de raíces). Se considera como la proporción del peso de las raíces respecto al peso total de la planta.

$$RWR = \frac{\text{Peso seco raíces}}{\text{Peso total de la planta}}$$

### Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos se calcularon los promedios de todos los parámetros para cada tratamiento y se realizó una prueba t de Student  $P < 0.05$  (Zar 1974), para obtener las diferencias entre los tratamientos de más y menos micorizas para cada especie.

Se realizaron análisis de correlación para tratar de dilucidar que componente de cada parámetro determinó algún cambio en el individuo.

Se realizaron análisis de correlación del mismo parámetro entre los tratamientos +M y -M.

Los análisis estadísticos se realizaron con los programas JMP IN versión 3.2 y Statistica versión 5.

## VI RESULTADOS

Las especies estudiadas representan tasas de crecimiento rápidas, lentas e intermedias, así que se pueden esperar en el presente trabajo las diferentes estrategias que se señalan para Chamela (Huante et al 1995)

### Area Foliar

Las especies estudiadas mostraron un amplio intervalo de área foliar total en ambos tratamientos (Tabla 2 y 3). En ausencia de micorrizas el área foliar mayor la presentó *Celaenodendron mexicanum* (82.3cm<sup>2</sup>) y la menor *Coccoloba barbadensis* (17.8 cm<sup>2</sup>); en +M, las especies *C. mexicanum* y *Spondias purpurea* tuvieron la menor y mayor área foliar con 82.3 y 1352.6 cm<sup>2</sup>, respectivamente. 16 especies mostraron diferencias significativas entre tratamientos, de las cuales sólo *Caesalpinia platyloba* y *Coccoloba barbadensis* presentaron mayor área foliar en presencia de micorrizas (+M) (Tabla 3).

### Biomasa

El total de la biomasa producida por cada especie está representado en la Tabla 2, de las 14 especies que mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), solo *S. purpurea* y *C. barbadensis* presentaron una mayor biomasa en el tratamiento +M

El intervalo de biomasa promedio producida por las 34 especies, abarcó de 0.150 g (*Coccoloba barbadensis*) a 34.71g (*Ipomoea woicottiana*) para el tratamiento sin micorrizas y de 0.768g (*Celaenodendron mexicanum*) a 24.82g (*Spondias purpurea*) en +M (Tabla 2). Todas las especies produjeron una menor biomasa +M excepto *C. mexicanum*, *C. barbadensis*, *S. purpurea* y *Tabebuia chrysanta*.

Tabla 2. Presentación de los valores correspondientes al promedio de Peso Seco (g), Proporción raíz vástago (R/S), Proporción del peso de la raíz (RWR) y Proporción de peso del tallo (SWR), Son los parámetros que se obtuvieron para las 34 especies estudiadas, para cada tratamiento con (+M) y sin (-M) micorrizas. Los resultados se obtuvieron mediante una prueba de T. Los asteriscos denotan la significancia entre los diferentes parámetros \* P<0.05; \*\* P<0.01 y \*\*\* P<0.001.  
Los parámetros de se abrevian de acuerdo a sus nombres en inglés.

Species	Peso Seco		R/S ratio		RWR		SWR	
	-M	+M	-M	+M	-M	+M	-M	+M
<i>Acacia farnesiana</i>	13.53	4.365***	0.269	0.418**	0.205	0.294	0.485	0.448
<i>Acacia sp</i>	10.02	9.665	0.271	0.328	0.211	0.246	0.550	0.499*
<i>Albizia occidentalis</i>	10.13	10.19	0.257	0.370***	0.204	0.270*	0.365	0.348
<i>Anaphyrgium adstringens</i>	7.25	13.16***	0.880	1.265*	0.467	0.551*	0.312	0.254*
<i>Apoplectes paniculata</i>	6.436	6.534	0.288	0.355	0.222	0.260	0.347	0.347
<i>Caesalpinia coriaria</i>	6.439	4.569	0.387	0.446	0.276	0.306	0.433	0.395
<i>Caesalpinia eriosachys</i>	5.887	5.591	0.457	0.510	0.313	0.336	0.375	0.332*
<i>Caesalpinia platyloba</i>	8.307	7.762	0.319	0.372*	0.242	0.270*	0.313	0.340
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	7.944	6.564	0.292	0.498*	0.226	0.324*	0.491	0.353*
<i>Cuba pentandra</i>	13.65	11.8	0.867	0.890	0.460	0.467	0.295	0.373*
<i>Calceotropion mexicanum</i>	0.601	0.768	0.295	0.425	0.226	0.244	0.238	0.220
<i>Chloroleucon mangense</i>	5.587	3.837*	0.398	0.323	0.280	0.242*	0.460	0.391**
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.150	2.598*	0.315	0.382	0.234	0.223	0.262	0.132
<i>Cochlospernum vitifolium</i>	13.10	11.86	0.671	0.771	0.399	0.432	0.375	0.364
<i>Cordia alliodora</i>	3.194	3.55	0.760	0.878	0.431	0.459	0.133	0.364
<i>Crescentia alata</i>	11.22	7.565***	0.619	0.657	0.382	0.395	0.308	0.314
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	19.08	19.58	0.330	0.501***	0.247	0.333***	0.515	0.434***
<i>Guazuma mimifolia</i>	13.82	12.50	0.619	0.738	0.382	0.420	0.305	0.264
<i>Heliconia pallidus</i>	4.064	4.803	0.300	0.512	0.223	0.334**	0.202	0.257
<i>Ipomoea volcantica</i>	34.71	15.65***	0.341	0.383	0.252	0.271	0.525	0.573
<i>Lagrezia monosperma</i>	9.653	3.692***	0.241	0.461***	0.194	0.313***	0.296	0.227***
<i>Lanchocharpus eriocarinatis</i>	8.049	6.264*	0.652	0.814	0.393	0.443	0.170	0.221**
<i>Lysiterna microphyllum</i>	6.360	4.412**	0.198	0.269**	0.164	0.211**	0.495	0.435**
<i>Mimosa tenuiflora</i>	5.593	3.651	0.283	0.366***	0.191	0.267***	0.464	0.401
<i>Pithecellobium dulce</i>	11.02	10.03*	0.256	0.322	0.200	0.238	0.486	0.479
<i>Plumeria rubra</i>	6.193	4.201	0.240	0.228	0.192	0.185	0.479	0.515
<i>Recchia mexicana</i>	3.518	2.071***	0.190	0.302***	0.159	0.230***	0.383	0.357
<i>Ruprechtia fusca</i>	3.966	2.549	0.908	0.298*	0.441	0.228**	0.113	0.182***
<i>Spondias purpurea</i>	12.36	24.82***	1.374	1.538	0.574	0.605	0.186	0.226
<i>Syterenia humilis</i>	9.715	3.886**	0.280	0.333	0.218	0.248	0.300	0.383***
<i>Tabebuia chrysantha</i>	6.908	8.678*	0.537	0.661*	0.349	0.395*	0.199	0.197*
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	8.331	5.829*	0.281	0.402***	0.219	0.286***	0.338	0.293
<i>Tabebuia rosea</i>	6.205	5.491	0.329	0.470***	0.246	0.319***	0.305	0.260***
<i>Thouinia paucidentata</i>	2.184	1.563	0.188	0.240	0.156	0.191	0.235	0.216

Tabla 3. Datos promedio de Area Foliar (cm<sup>2</sup>), Tasa Relativa de Crecimiento (RGR, g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), Proporción del Area Foliar (LAR, cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), Area Foliar Especifica (SLA, cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), Razón del Paso Foliar (LWR, g g<sup>-1</sup>) y Tasa de Asimilación Neta (NAR, g cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). Parámetros obtenidos para las 34 especies estudiadas con micorrizas(+M) y sin (-M) micorrizas. Los resultados se obtuvieron mediante una prueba de T. Los asteriscos denotan diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de t-Student\* P<0.05, \*\* P<0.01 y \*\*\* P<0.001. Los parámetros se abrevian así por sus siglas en inglés

Especies	Area Foliar		RGR		LAR		SLA		LWR		NAR (10 <sup>-3</sup> )	
	-M	+M	-M	+M	-M	+M	-M	+M	-M	+M	-M	+M
<i>Acacia farnesiana</i>	1053.155	499.768***	0.106	0.086***	76.574	113.003***	253.750	439.261***	0.310	0.258**	0.0015	0.0008***
<i>Acacia sp</i>	730.963	651.538	0.091	0.090	73.336	67.467	30.7671	266.316	0.238	0.255	0.0012	0.0013
<i>Albizia occidentalis</i>	995.354	1009.709	0.091	0.091	98.261	99.320	228.843	260.160*	0.432	0.383	0.0008	0.0008
<i>Amphipetrum adstringens</i>	1700.256	733.181***	0.133	0.120***	62.807	55.603	283.908	287.001	0.228	0.195*	0.0018	0.0017
<i>Apollonia paniculata</i>	907.751	909.821	0.147	0.146	141.113	141.512	328.986	362.227	0.431	0.394	0.0009	0.0009
<i>Caesalpinia paniculata</i>	423.488	462.408	0.087	0.082*	65.206	103.872***	226.633	346.174***	0.291	0.300	0.0012	0.0007**
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	528.931	579.575	0.059	0.059	90.421	104.015	290.868	312.181*	0.311	0.332	0.0007	0.0009
<i>Caesalpinia platyloba</i>	600.956	642.267**	0.068	0.067	72.958	82.993	163.749	213.034***	0.446	0.390*	0.0010	0.0009
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	639.992	381.874	0.094	0.091	81.429	92.124	288.035	298.548	0.283	0.323	0.0011	0.0010
<i>Ceiba pentandra</i>	1005.672	638.709*	0.081	0.078	74.813	54.352***	305.144	339.393	0.245	0.160***	0.0009	0.0011*
<i>Chlorodendron mexicanum</i>	70.557	82.329	0.031	0.035*	115.849	113.868	216.023	213.534	0.435	0.536	0.0004	0.0005
<i>Chlorolobum mangense</i>	415.336	529.192	0.099	0.093**	74.185	142.605**	286.463	384.020**	0.260	0.368***	0.0010	0.0006***
<i>Coccoloba barbadensis</i>	17.801	83.482***	0.027	0.064*	135.964	84.222	273.563	180.859***	0.504	0.465	0.0004	0.0023
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1236.757	987.553	0.125	0.124	94.491	83.298*	421.317	409.450	0.226	0.204	0.0012	0.0013
<i>Cordia alliodora</i>	419.035	425.068	0.109	0.110	133.144	117.884	305.927	278.561	0.436	0.424	0.0008	0.0009
<i>Crescentia alata</i>	610.886	392.157***	0.099	0.092***	54.955	52.328	176.977	178.744	0.309	0.292	0.0015	0.0015
<i>Euterlobium cyclocarpum</i>	1059.591	1282.673*	0.066	0.067	57.351	66.140	239.057	285.694*	0.238	0.233	0.0013	0.0013
<i>Guazuma tilimifolia</i>	1162.227	1100.799	0.151	0.150	84.013	89.492	266.967	283.887	0.315	0.316	0.0015	0.0014
<i>Heliconia pallidus</i>	749.317	560.212	0.148	0.147	187.703	130.115**	363.019	315.767*	0.515	0.409**	0.0007	0.001*
<i>Ipomoea volcánica</i>	2256.171	674.052**	0.113	0.095***	65.140	43.691	293.351	282.648	0.223	0.156***	0.0016	0.0018
<i>Lagotis monosperma</i>	1455.098	484.232***	0.172	0.155***	150.811	135.584	294.956	294.521	0.510	0.460*	0.0012	0.00113
<i>Lonchocarpus ericarioides</i>	837.608	463.675***	0.069	0.065*	104.999	72.938***	241.579	216.139*	0.437	0.335***	0.0009	0.0012**
<i>Lysitoma microphyllum</i>	619.713	474.690*	0.099	0.093**	99.016	109.726	291.846	308.328	0.340	0.354	0.0009	0.0008**
<i>Mimosa sp</i>	363.755	272.622	0.129	0.121	68.018	82.692	199.780	248.293	0.344	0.331	0.0017	0.0013
<i>Pithecellobium dulce</i>	484.031	836.831	0.076	0.074**	79.135	83.406	252.737	294.293*	0.315	0.283	0.0013	0.0012
<i>Plumeria rubra</i>	253.038	127.569***	0.043	0.034***	73.448	61.138*	160.340	151.708	0.457	0.413	0.0009	0.0008
<i>Recchia mexicana</i>	426.063	311.888	0.107	0.101	120.087	123.882*	268.997	210.538***	0.447	0.589**	0.0008	0.0007
<i>Ruprechtia fusca</i>	1212.601	1352.581	0.112	0.123***	97.595	55.815**	407.764	330.798	0.240	0.169***	0.0019	0.0019***
<i>Spondias purpurea</i>	1028.915	439.930***	0.057	0.042***	107.258	113.313	221.697	308.877*	0.482	0.369***	0.0010	0.0009**
<i>Sweetenia humilis</i>	888.617	902.608	0.073	0.071***	129.197	104.464**	389.223	257.117*	0.452	0.408	0.0007	0.0009***
<i>Tabebuia chrysantha</i>	1143.854	674.159**	0.140	0.134**	136.990	118.166***	305.272	281.584**	0.443	0.420	0.0008	0.0009
<i>Tabebuia domell-smithii</i>	795.969	513.850***	0.087	0.086	132.482	94.624***	294.119	224.446***	0.449	0.421	0.0007	0.0009**
<i>Tabebuia rosea</i>	443.617	298.438*	0.094	0.089***	204.469	187.508	337.214	314.694	0.608	0.593	0.0005	0.0005
<i>Thouinia paucidentata</i>												



### **Proporción de hojas, tallo y raíz (LWR, SWR, RWR).**

Estos parámetros nos sirven como indicadores de la respuesta de las especies expresada en términos de asignación de biomasa (Rincón & Huante, 1994).

En los valores obtenidos para LWR (Proporción de Peso Foliar), respondieron significativamente 12 especies a la presencia de micorrizas y sólo *C. mangense* y *R. fusca* presentaron mayor LWR en +M (Tabla 3, Figura 3).

Para el parámetro SWR (Proporción de Peso del Tallo), un total de 14 especies presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, 10 de las 14 especies mencionadas tuvieron mayor SWR en -M y sólo *Ceiba pentandra*, *Lonchocarpus eriocarinalis*, *Swietenia humilis* y *R. fusca* asignaron una mayor biomasa al tallo cuando crecieron asociadas a hongos micorrízicos (Tabla 2, Figura 4).

El total de biomasa asignada hacia raíces se calculó con los parámetros de RWR (Root Weight Ratio) (Tabla 3, Figura 5) y R/S (Proporción Raíz/Vástago) (Tabla 3) donde se observa que 15 de las 34 especies estudiadas presentan diferencias significativas entre tratamiento, teniendo mayor RWR y R/S en presencia de micorrizas, algo que no se esperaba.

### **Tasa Relativa de Crecimiento (RGR)**

La tasa relativa de crecimiento obtenida para todas las especies en los tratamientos con y sin micorrizas se pueden apreciar en la Figura 2. Las especies muestran un amplio rango de RGR en ambos tratamientos, en -M la menor RGR la presentó *C. barbadensis* con  $0.027 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y la mayor la presentó *L. monosperma* con  $0.172 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ; en presencia de micorrizas los valores extremos de RGR los presentaron *R. mexicana* y *L. monosperma* con  $0.034$  y

Fig. 3 Proporción de biomasa asignada a las hojas (LWR) para todas las especies estudiadas de biomasa a tallo  
 (los asteriscos denotan la diferencia significativa entre los tratamientos  $p < 0.05$ )

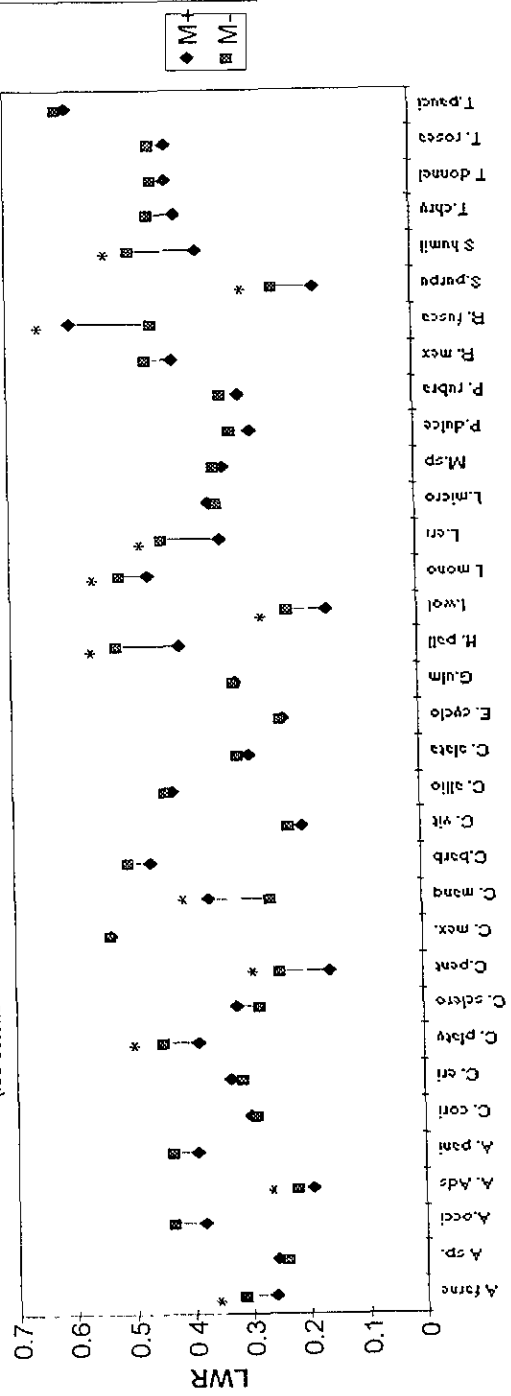


Fig.4 Proporción de biomasa asignada a tallo (SWR) para todas las especies estudiadas  
 (los asteriscos denotan la diferencia significativa entre los tratamientos  $p < 0,05$ )

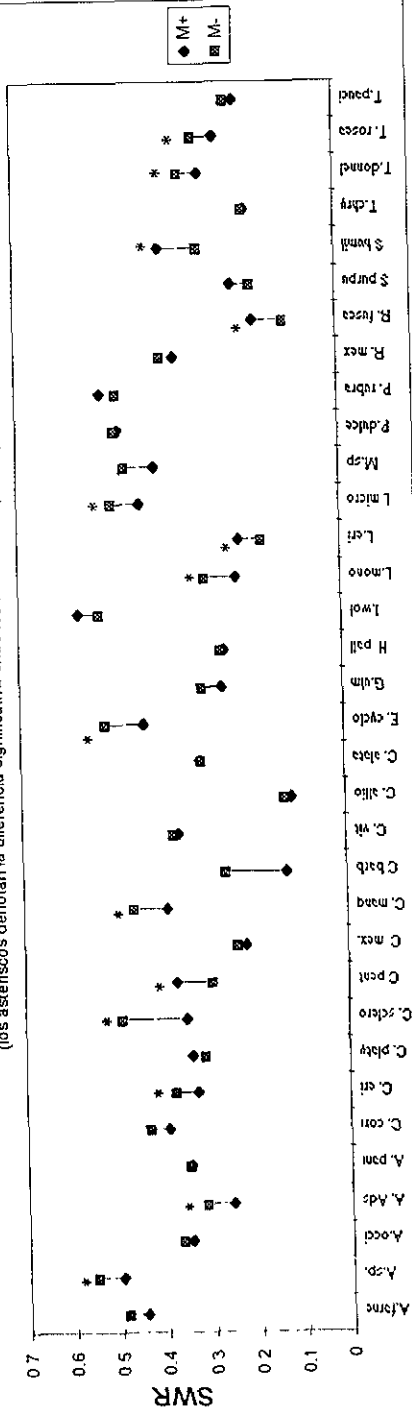
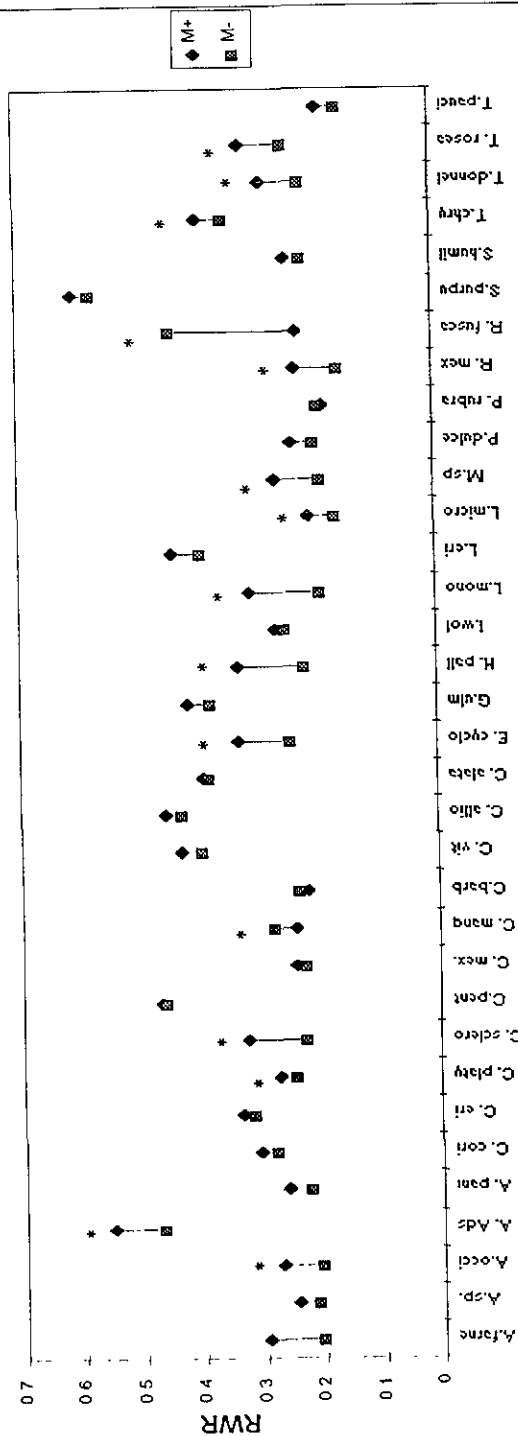


Fig. 5 Proporción de biomasa asignada a raíces (RWR) para todas las especies  
 (los astenscos denotan la diferencia entre los tratamientos  $p < 0.05$ )



0.115 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente (Tablas 2 y 4). De las 34 especies estudiadas 19 presentaron diferencias significativas entre tratamientos, donde la mayor tasa de crecimiento se presentó en -M en 16 de las 19 especies y solo *C. mexicanum*, *C. barbadensis* y *S. purpurea* presentaron un mayor crecimiento en presencia de micorrizas (Tabla 4). Al analizar la RGR que presentaron las especies en presencia (+M) respecto a la RGR en ausencia de micorrizas (-M) (Figura 6) se puede observar que las especies muestran la misma tendencia en ambos tratamientos, esto significa que una especie que crece lento en +M también crece lento en -M respecto a una que crece rápido, es decir, las especies están ordenadas en la misma forma en ambos tratamientos, lo único que cambia es la magnitud del crecimiento dependiendo del tratamiento al que estén sometidas. Esta tendencia en el orden de las especies en +M respecto a -M se presentó en todos los parámetros (Figuras 7, 8, 9 y 10).

Para LAR (Leaf Area Ratio) solo hubo diferencia significativa en 13 especies, donde 3 de éstas presentaron mayor LAR en +M (*Acacia farnesiana*, *Caesalpinia coriaria* y *Chloroleucon mangense*), mientras que para el resto de las especies 10/13 presentaron menor LAR en +M (Tabla 4).

La tasa de Asimilación Neta (NAR, net assimilation rate) para la mayoría de las especies fue similar para los dos tratamientos (no hubo diferencias significativas). Once de las 34 especies presentaron diferencias significativas entre tratamientos, de las cuales 6 tuvieron una mayor NAR en presencia de micorrizas (*Ceiba pentandra*, *Heliocarpus pallidus*, *L. eriocarinalis*, *S. purpurea*, *T. chrysantha* y *T. rosea* (Tabla 4).

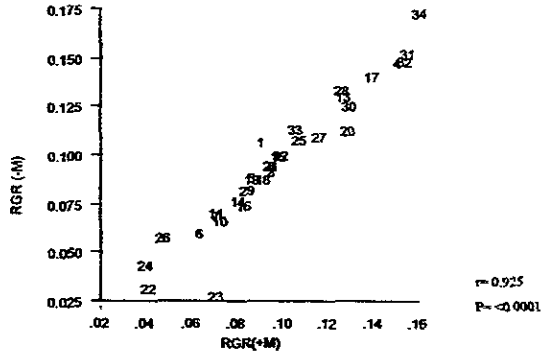


Figura 6. Correlación de la tasa relativa de crecimiento obtenida en presencia y ausencia de micorrizas. (Los números corresponden a las especies nombradas en la tabla 1)

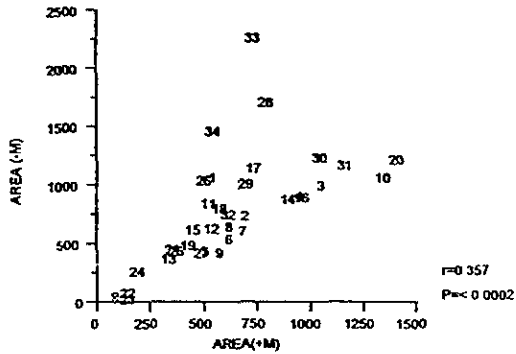


Figura 7. Correlación de las áreas foliares obtenidas en presencia y ausencia de micorrizas. (Los números corresponden a las especies nombradas en la tabla 1)

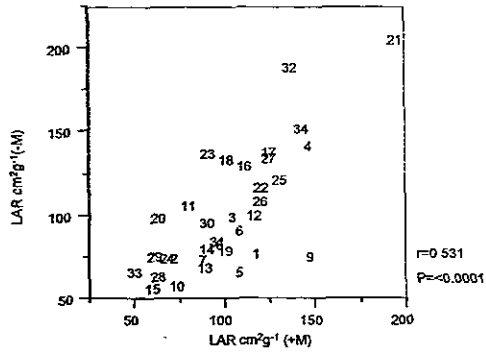


Figura 8. Correlación de la proporción del área foliar, obtenida en presencia y ausencia de micorrizas. (Los números corresponden a las especies nombradas en la tabla 1)

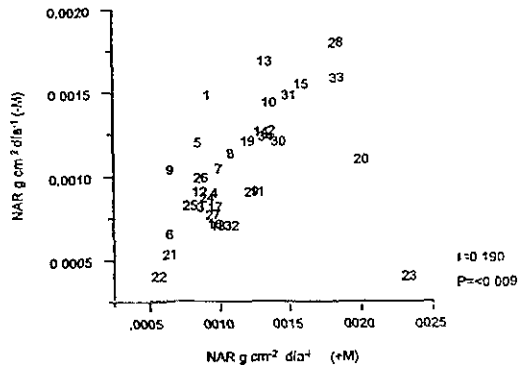


Figura 9. Correlación de la tasa de asimilación neta, obtenida en presencia y ausencia de micorrizas. (Los números corresponden a las especies nombradas en la tabla 1)

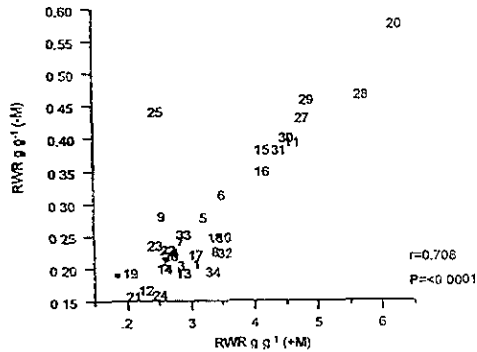
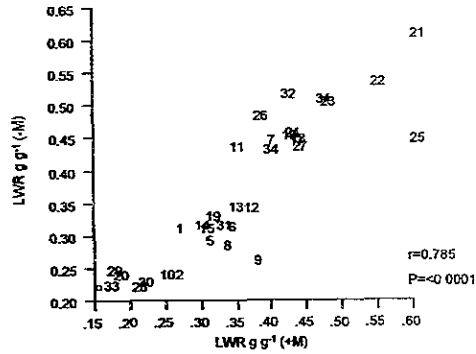


Figura 10. Correlación de la proporción de peso de hojas y raíces, obtenida en presencia y ausencia de micorrizas. (Los números corresponden a las especies nombradas en la tabla 1)



### **Relación entre parámetros**

Hubo una relación positiva significativa entre la biomasa total producida y el área foliar en ambos tratamientos. Especies con mayor tasa de crecimiento producen mayor área foliar en ambos tratamientos. Asimismo, el área foliar específica (SLA) presentó una relación positiva significativa con la tasa de crecimiento en presencia y ausencia de micorrizas. Sin embargo, LAR y LWR no presentaron ninguna relación con RGR; y NAR solamente presentó una relación positiva significativa en el tratamiento sin micorrizas. La tasa de crecimiento de las especies presentó una relación negativa significativa con la biomasa de las semillas, donde especies con semillas pequeña presentaron tasas rápidas de crecimiento y especies con semillas grandes presentaron RGR lenta (Figuras 11 y 12).

Se encontró una relación positiva significativa entre la dependencia micorrízica y la tasa de asimilación neta (Figura 13).

### **Observaciones microscópicas**

Con las raíces teñidas se hicieron preparaciones con cincuenta fragmentos y se observaron en el microscopio. Se detectó colonización en las especies que estuvieron bajo el tratamiento de +M, no se llevó a cabo ningún conteo de las estructuras micorrízicas ni tampoco se hizo conteo del porcentaje de colonización de las micorrizas en las raíces. En algunas especies se observaron esporas germinando e hifas que apenas estaban en el proceso de colonización.

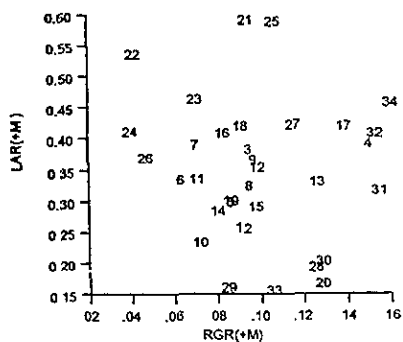
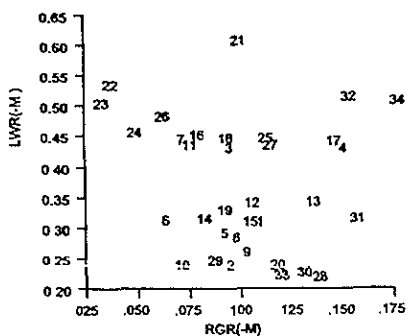
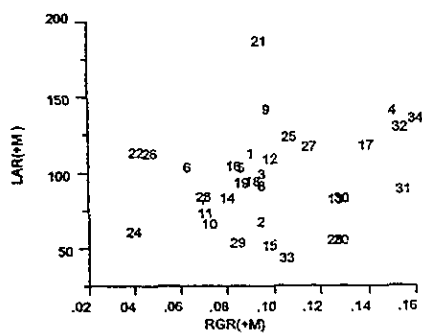
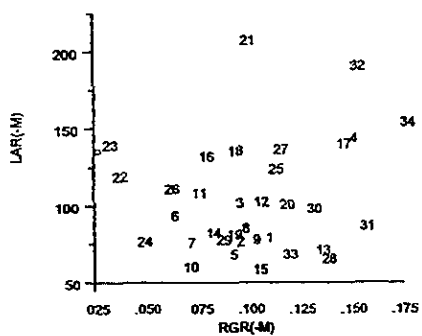
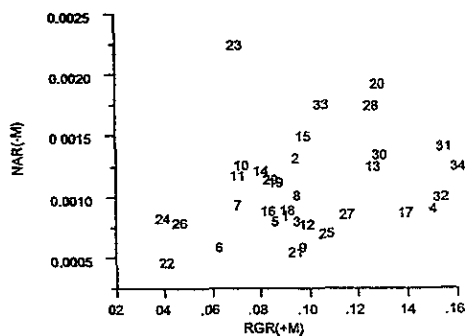
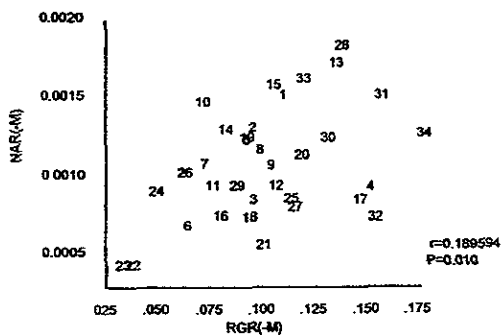


Figura 11. Correlación de la respuesta en la tasa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{día}^{-1}$ ) con respecto a sus componentes NAR ( $\text{g cm}^{-2} \text{día}^{-1}$ ), LAR ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) y LWR ( $\text{g g}^{-1}$ ) para ambos tratamientos.

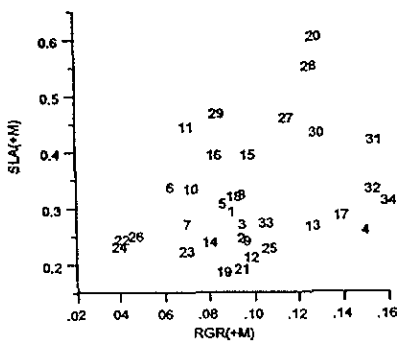
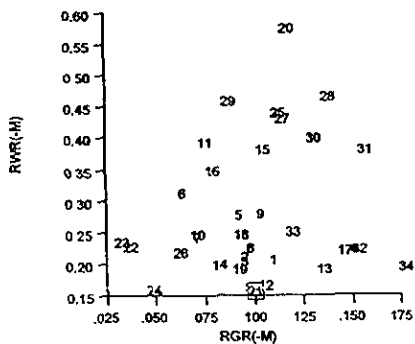
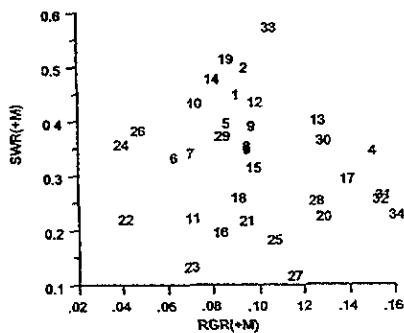
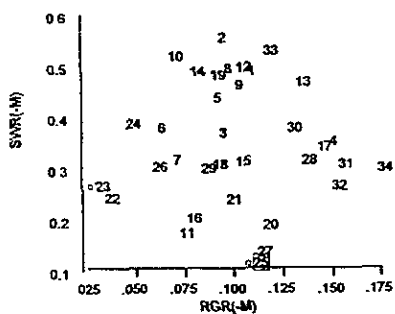
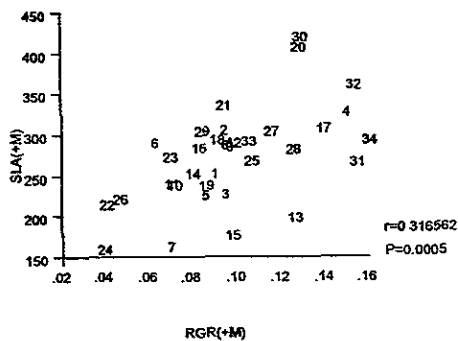
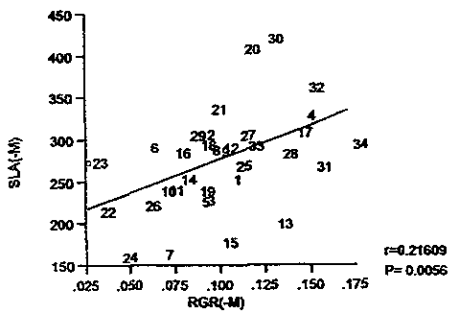


Figura 12. Correlación de la respuesta en la tasa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) con respecto SLA ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ), SWR y rWR ( $\text{g g}^{-1}$ ) para ambos tratamientos.

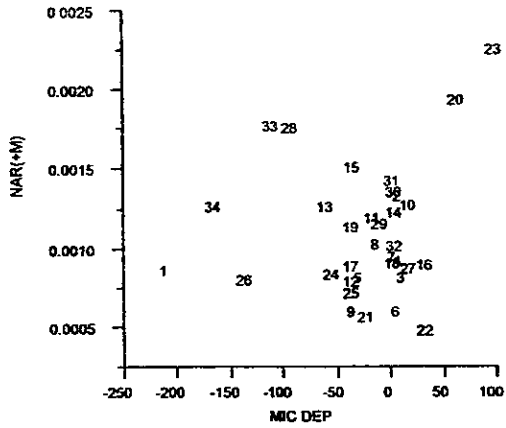


Figura 13. Correlación entre NAR(g cm<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>) del tratamiento +M y la dependencia micorrízica de todas las especies estudiadas

## VII DISCUSION

Se ha propuesto que muchas especies de árboles tropicales satisfacen muchos de sus requerimientos de fósforo, nitrógeno, agua y otros nutrientes, vía raíces micorrizadas (Larcher 1995). Como consecuencia, la mayoría de las veces, las micorrizas favorecen el crecimiento de las plantas, ya que ofrecen un mayor acceso a nutrientes que se encuentran poco disponibles en el suelo, y cierta resistencia contra enfermedades, patógenos y toxicidad (Allen, 1991; Dighton 1991; Huante 1993; Janos, 1980; Larcher, 1995; Sanders 1975; Sieverding, 1991; Stribley 1987), esto provoca que una planta micorrizada pueda producir mayor cantidad de área fotosintética, acumular mayor cantidad de biomasa en menor tiempo y por lo tanto presentar una tasa de crecimiento más rápida. De las 34 especies estudiadas las micorrizas promovieron una mayor producción de área foliar y biomasa en *Coccoloba barbadensis* (*C. platyloba* para el caso de área foliar y *Spondias putpurea* para biomasa total), el crecimiento en *C. barbadensis* (además de *Celaenodendron mexicanum* y *Spondias purpurea*) también se favoreció por la presencia de micorrizas, aunque no en la mayoría de las especies. La respuesta a la presencia de micorrizas mostrada por *C. barbadensis* concuerda con lo propuesto por otros autores como se mencionó anteriormente. *C. barbadensis* al igual que *C. mexicanum* son especies de lento crecimiento, en las cuales se ha propuesto que se puede manifestar mas significativamente el efecto de las micorrizas. Ver tabla 5 (Huanté, 1992; Huanté et al. 1992- Huanté et al. y 1993; Huanté et al. 1995 a; Huanté et al. 1995 b; Huanté et al. 1996; Huanté, 1998; Rincón & Huanté, 1993 a; Rincón, 1993 b; Rincón & Huanté 1994), ya que especies de lento crecimiento se han asociado a sitios con baja disponibilidad de

Tabla 5. Se muestra la tendencia para cada uno de los parámetros, indicando el tratamiento en el que se obtuvo mayor respuesta de cada una de las especies, los resultados se obtuvieron a partir de los valores de las pruebas de t. Los asteriscos denotan la significancia entre los diferentes parámetros \*P<0.05; \*\*P< 0.01; \*\*\*P<0.001.

		RGR	LAR	NAR	LWR	SLA	R/S	SWR	RWR	PESO	AF
1	A fame	-M***	-M***	+M***	-M**	+M***	+M**	-M	+M	-M	-M***
2	A sp	=	-M	-M***	+M	+M	+M	-M*	+M	=	-M
3	A occi	=	+M	=	-M	+M*	+M***	-M	+M*	=	-M
5	A pani	=	=	=	-M	+M	+M	-M	+M	=	=
6	C cooi	-M*	+M***	-M**	+M	+M***	+M	-M	+M	-M	=
6	C eri	=	+M	=	+M	+M*	+M	-M*	+M	=	=
7	C platy	=	+M	=	-M*	+M***	+M*	-M	+M*	=	+M**
8	C sclero	=	+M	=	+M	+M	+M*	-M*	+M*	=	-M
12	C mang	-M**	+M**	-M***	+M***	+M**	+M	-M**	-M*	-M	+M
17	E cyclo	=	+M	-M	-M	+M*	+M***	-M***	+M***	=	+M*
22	L eri	-M*	-M***	+M**	-M***	-M*	+M	+M**	+M	-M	-M***
23	L micro	-M*	+M	-M**	+M	+M	+M**	-M**	+M**	-M**	-M*
24	M sp	-M	+M	-M	-M	+M	+M***	-M	+M***	-M	-M
25	P dulce	-M**	+M	=	-M	+M*	+M	-M	+M	-M*	=
16	C alata	-M***	-M	=	-M	+M	+M	+M	+M	-M***	-M***
31	T chry	-M***	-M**	+M***	-M	-M*	+M*	-M*	+M*	-M*	+M
32	T donne	-M***	-M***	-M	-M	-M**	+M***	-M	+M***	-M*	-M
33	T rosea	-M	-M***	+M**	-M	-M***	+M***	+M***	+M***	-M	-M***
11	C mex	+M*	-M	=	+M	-M	+M	-M	+M	=	+M
13	C barb	+M*	-M	+M	-M	-M***	+M	-M	-M	-M*	+M***
26	P rubra	-M*	+M	=	-M	-M	-M	+M	+M	-M	-M
21	R mex	-M***	-M*	=	-M	-M	+M***	-M	+M***	-M***	-M***
28	R fusca	=	+M*	=	+M**	-M***	-M*	+M***	+M**	-M	-M
30	S humil	-M***	+M	-M**	-M***	+M*	+M	+M***	+M	-M***	-M***
34	T pauci	-M***	-M	=	-M	-M	+M	-M	+M	-M	-M*
4	A ads	-M***	-M	=	-M*	+M	+M*	-M*	+M*	-M***	-M***
14	C vit	=	-M*	=	-M	-M	+M	-M	+M	-M	-M
15	C alio	=	-M	=	-M	-M	+M	+M	+M	=	=
10	C pent	-M	-M***	+M*	-M***	+M	+M	+M*	+M	-M	-M*
18	G ulm	=	+M	=	+M**	+M	+M	-M	+M	=	-M
19	H pall	=	-M**	+M*	-M**	-M*	+M	-M	+M**	=	-M
20	I wol	-M***	-M	+M	-M***	-M	+M	+M	+M	-M***	-M**
21	L mono	-M***	-M	=	+M*	-	+M***	-M***	+M***	-M***	-M***
29	S purp	+M***	-M**	+M***	-M***	-M	-M	+M	+M	+M***	+M

recursos (Alien et al., 1995; Alien et al., 1998; Collins et al., 1991; Read, 1993). Sin embargo, la mayoría de las especies estudiadas no presentaban beneficio alguno o presentaron valores más altos en área foliar, biomasa y RGR cuando crecen sin micorrizas (-M). Esto puede deberse a que durante el tiempo en el que se está estableciendo la relación micorrízica, la planta no recibe beneficio del hongo ya que todavía la micorriza no cuenta con un micelio bien desarrollado para capturar los recursos del suelo, pero el hongo si depende de los carbohidratos que la planta le suministre para poder sobrevivir y desarrollarse (Bowen 1987; Hampp et al., 1995; Paget 1975-1 Sieverding 1991). El experimento tuvo una duración de 60 días que es la época de lluvias y por tanto la época de crecimiento en Charnela, y quizás como se trata de especies arbóreas no son notables los cambios que se realizan en las plantas, probablemente no existía hasta ese momento una respuesta hacia la asociación. Por otro lado, se ha reportado que las especies de rápido crecimiento que habitan en sitios con alta disponibilidad de recursos como en las etapas serales tempranas en la sucesión, no presentan asociaciones micorrízicas o la micorriza representa un perjuicio para su crecimiento (Alien, - 1991; Allen et al., 1995; Collins et al., 1991; Corkidi 1996; Smith & Read 1997). En este estudio, las especies que producen menor área foliar y biomasa así como una menor RGR en +M. es decir, las especies que reciben un mayor perjuicio por contar con micorrizas son las que tienen una mayor tasa de crecimiento (*Acacia farnesiana*, *Amphyterigium adstringens*, *Ipomoea wolcottiana* y *Lagrezia monosperma*); *Acacia* frecuentemente se encuentra en sitios perturbados, y para el caso de las demás especies es difícil determinar cuál es su papel dentro de las

etapas de suceción ya que en el caso de Chamela se encuentran ampliamente distribuidas (Huante, 1995; Huante, 1996).

Los componentes del crecimiento NAR, LAR, SLA y LWR pueden a su vez modificarse por la influencia de las micorrizas, ya que un cambio en estos parámetros tendrá efecto en la RGR que presenten las especies. Las especies que recibieron beneficio de la asociación micorrizica en cuanto a área foliar, biomasa y RGR también recibieron beneficio en su tasa de asimilación neta (NAR), pero no en LAR, LWR y SLA, esto sugiere la influencia de las micorrizas en la tasa de fotosíntesis de las especies. En contraste, las especies que redujeron su área foliar, biomasa y crecimiento en +M, también presentaron una reducción en LAR, LWR y SLA, pero no en NAR en este tratamiento. Esta respuesta fue mas acentuada en *I. wolcottiana*.

Se ha sugerido que se podría esperar que cuando las especies están micorrizadas tiendan a asignar menor cantidad de recursos hacia las raíces, ya que el micelio de los hongos cumple parte de la función de las raíces de absorción de recursos del suelo. En este sentido, se podría esperar que las plantas micorrizadas presentaran menor RWR y R/S que las no micorrizadas. Sin embargo, las especies micorrizadas presentaron un valor más alto de R/S y RWR que las no micorrizadas. Otros estudios (Huante et al. 1993, Allen 1991) han mostrado resultados mixtos al respecto, esto puede deberse a que las raíces no solamente son sistemas de absorción sino también de conducción y anclaje al sustrato y por alometría las especies grandes presentan raíces grandes. La relación entre la morfología de la raíz y la dependencia micorrizica fue elucidada por Baylis (1970) en que sugiere que los pelos radicales y las micorrizas fueron el medio alternativo



para obtener fósforo, dándose así una obligada micotrofia en plantas que han desarrollado pobremente pelos radiculares como es el caso de *C. barbadensis*.

En este trabajo se observó que la tendencia de respuesta en el crecimiento de las especies fue similar para los dos tratamientos (+M y -M) y para todos los parámetros.(figuras 6-10), lo cual nos muestra que las especies conservaron el mismo comportamiento, pero en diferente magnitud. Comparativamente entre todos los parámetros se observó la misma respuesta en todas las especies, es decir, las especies que presentaron una tasa de crecimiento baja para +M, también la presentaron para el tratamiento de -M.

De acuerdo con el análisis de crecimiento, la RGR puede estar determinada por su componente morfológico (LAR) y/o su componente fisiológico (NAR) (Evans 1972 Hunt 1982), con base en las correlaciones de la tasa de crecimiento con el resto de los parámetros se apoya que la RGR en ambos tratamientos está determinada principalmente por el área foliar y por las características morfológicas de las hojas (SLA), ya que SLA representa una medida del grosor de las hojas. Estos resultados, apoyan lo encontrado por otros autores en estudios con plantas tanto de sistemas tropicales como templados (Huante et al 1995, Lambers & Poorter 1992, Cornelissen 1997). Si se analizan los coeficientes de regresión de RGR con NAR, LAR y SLA en -M (tratamiento en el que un mayor número de especies mostró un crecimiento más rápido) se puede notar que tanto características morfológicas como fisiológicas determinaron la tasa de crecimiento de las especies.

En la figura 11 se ve claramente la tendencia negativa entre tasa relativa de crecimiento y el tamaño de la semilla de las 34 especies estudiadas. Esto apoya la relación encontrada en estudios con especies de diferentes ecosistemas (Grime & Hunt 1975, Fenner 1983, Shipley & Peeters 1990, Marañón & Grubb 1993, Huante et al. 1995). En dichos estudios se muestra que las especies de semilla pequeña presentan altas tasas de crecimiento y son capaces de crecer en medios perturbados. En cambio, las especies con semilla grande presentan tasas de crecimiento lentas y crecen en sitios no perturbados, un ejemplo de estas especies en Chamela son *Coccoloba barbadensis* y *Celaenodendron mexicanum*, las cuales además presentaron beneficio de la asociación micorrízica, es decir presentan mayor dependencia micorrízica. Sin embargo, la especie *S. purpurea* que es de rápido crecimiento también presentó una dependencia micorrízica alta. Se ha considerado que las diferentes especies de hongos pueden afectar el crecimiento de la planta en diferentes formas o presentar una respuesta contrastante en la eficiencia de captura de recursos del suelo (Allen 1991). En este estudio no se evaluó independientemente ni en combinación el efecto de diferentes especies de hongos en el crecimiento de las diferentes especies de plantas, pero sin duda sería un estudio interesante que nos permitiría conocer si especies de plantas con características morfológicas, fisiológicas y de crecimiento diferentes deben su respuesta a una o varias especies diferentes de hongos, lo que nos estaría hablando de hongos con características funcionales diferentes y por lo tanto micorrizas funcionalmente diferentes, lo que resultaría en resaltar la relevancia de diversidad funcional.

En selvas bajas caducifolias como Chamela la influencia de las micorrizas arbusculares de acuerdo con los resultados presentados depende de la etapa de crecimiento en que se encuentren las plantas, ya que durante la etapa temprana del crecimiento, la micorriza puede representar para la planta un dren de carbohidratos y por lo tanto un costo más que un beneficio. Adicionalmente, la influencia de las micorrizas también depende de las características de las especies de plantas, tales como su capacidad para producir área foliar, biomasa y por lo tanto de su tasa de crecimiento, así como de las características de fertilidad y disponibilidad de inóculo del habitat donde desarrollen las plantas.

Considerando lo anterior uno podría pensar que dada la competencia que existe en un ecosistema como son las selva, diferencias en la influencia de las micorrizas en las plantas pueden generar diferencias en el éxito de las especies, ya sea por que las micorrizas les sirvan para obtener nutrimentos que se encuentran poco disponibles en suelo o como un sistema de defensa contra enfermedades, patógenos, etc; dependiendo de las características del sistema radicular y de las condiciones del medio.

## VIII BIBLIOGRAFIA

Allen E, Rincón E, Allen M, Pérez-Jimenez A & Huante P (1998) Disturbance and seasonal dynamics of mycorrhiza in a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 30(2), 261-274.

Allen E, Allen M, Helm DJ, Trappe JM, Molina R & Rincón E (1995) Patterns of regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity, pp 47-62. En Collins HP, Robertson GP & Klug MJ (eds). *The significance and regulation of soil biodiversity* Kluwer Academic Publishers. Holanda.

Allen M (1991) *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge. pp184.

Allen M (1996) The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. *Mycological Research*. 100(7), 769-782.

Azcón-Aguilar C, Barea JM (1995) Saprophytic Growth of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, pp 390-407. En: Varma A Hock B (eds) *Mycorrhiza, structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer. Alemania.

Beyrle H (1995) The role of phytohormones in the function and biology of mycorrhizas, pp 365-389. En: Varma A Hock B (eds) *Mycorrhiza, structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer. Alemania.

Bowen GD (1987) The biology and physiology of infection and its development. En Safir GR (ed) *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants.*, pp 27-57. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Brundrett M (1991) Mycorrhizas in natural ecosystems. *Advances in Ecological Research*. vol. 21.

Bryla DR & Koide RT (1990) Regulation of reproduction in wild and cultivated *Lycopersicon esculentum* Mill by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Oecologia* 84,74-81.

Bullock SH(1986) Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives of Meteorology, Geophysics and Bioclimatology* 36, 297-316.

Chaloner WG (1970) The rise of the first land plants . *Biol. Rev.*, 45, 353-377.

Chapin FS III (1980) The mineral nutrition of wild plants. *Annual review of ecology and systematics* 11, 233-260.

Collins N, R. Zac D, Tilman D. Pflieger FJ (1991) Dynamics of vesicular-arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia*. 86, 349-358.

Corkidi L (1996) *Ecofisiología de asociaciones micorrizicas arbusculares en especies pioneras de un ecosistema de dunas costeras del Golfo de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM.*

Cress WA, Throneberry GO & Lindsey DL (1979). *Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and nonmycorrhizal tomato roots. Plant Physiology* 64, 484-487.

Dighton J (1991) Acquisition of nutrients from organic resources by mycorrhizal autotrophic plants. *Experientia*. 47(4),362-370.

Evans GC (1972) *The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Scientific Publications. Oxford.*

Fenner BM (1983) Relationships between seed weight ash content and seedling growth in twenty-four species of compositae. *New Phytologist* 95, 697-706.

García E (1964) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. 71 p.

García-Oliva F, Maass JM y Galicia L (1995) Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic influence on the pacific coast of Mexico. *American Meteorological Society* 34, 2491-2498.

Gerdemann JW (1968) Vesicular arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Anual Review of Phytopathology* 6, 397-418.

Gerdemann JW (1975) Vesicular arbuscular mycorrhiza. En: *The organization and structure of roots*. Torrey GJ & Clarkson DT (eds), pp 575. Academic press, Londres.

Gianinazzi-Pearson V, Branzanti B, Gianinazzi S (1989) In vitro enhancement of spore germination and early hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus by host root exudates and plant flavonoids. *Symbiosis* 7, 243 –255.

Gianinazzi-Pearson V & Gianinazzi S (1993) The physiology of vesicular – arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* 71, 197-209.

Grime JP & Hunt R (1975) Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. *Journal of Ecology* 63, 393-422.

Hacskeylo E (1972) Mycorrhiza: The ultimate in reciprocal parasitism?. *BioScience* vol.22. No. 10.

Hampp R & Schaeffer C (1995) Mycorrhiza carbohydrate and energy metabolism. pp 267-295. En: Varma A Hock B (eds) *Mycorrhiza, structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer. Alemania.

Harley JL, Smith SE (1983) *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London.

Hatting MJ (1975) Uptake of  $^{32}\text{P}$ -labelled phosphate by endomycorrhizal roots in soli Chambers, pp 289-295. En *Endomycorrhizas* Sanders FE, Mosse b, & Tinker PB (eds),. Academic Press, Londres.

Hetrick B (1989) Acquisition of phosphorus by VA mycorrhizal fungi and the growth responses of their host plants. En: Boddy L, Marchant R & Read DJ (eds) *Nitrogen, phosphorus and sulfur utilization by fungi*. Cambridge University Press, pp 205-226.

Huante P (1992) Mecanismos de captura de recursos en plántulas de la selva baja caducifolia en chamela, Jalisco. Tesis de maestría. Facultad de ciencias, UNAM.

Huante P, Rincón E y Gavito M (1992) Root system analysis of seedlings of seven tree species from a tropical dry forest in Mexico. *Trees* 6, 77-82.

Huante P, Rincón E y Allen EB (1993) Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on seedling growth of four tree species from the tropical deciduous forest in Mexico. *Mycorrhiza* 2, 141-145.

Huante P, Rincón E y Chapin III FS. (1995a) Responses to phosphorus of contrasting successional tree-seedling species from the tropical deciduous forest of Mexico. *Functional ecology* 9, 760-766.

Huante P, Rincón E y Acosta I (1995b) Nutrient availability and growth rate of 34 woody species from a tropical deciduous forest in Mexico. *Functional Ecology* 9, 849-858.

Huante P (1996) Plasticidad, disponibilidad de recursos y crecimiento en plántulas de la selva baja caducifolia de chamela, Jalisco: un enfoque experimental. Tesis doctoral. Centro de Ecología, UNAM, México.

Huante P. & Rincón E (1998) Responses to light change in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rate. *Oecologia*. 113, 53-66.

Hunt R (1990) *Basic Growth Analysis*. UNWIN HYMAN.

Hunt R (1992) *Plant Growth Curves. The functional approach to plant growth analysis*. Ed. Edward Arnold. Gran Bretaña.

Jakobsen I (1995a) Transport of Phosphorus and Carbon in Mycorrhizas. En *Mycorrhiza, Structure, Function Molecular Biology and Biotechnology*. Ed. Springer. Germany.

Jakobsen I (1995b) Functional compatibility in arbuscular mycorrhizas measured as hyphal P transport to the plant. *New Phytologist*. 129, 611-618.

Jackson R, Mason A (1984) *Mycorrhiza*. Ed. Edward Arnold. Gran Bretaña.

Janos DP (1975) Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on lowland tropical rainforest trees. pp. 437-446. En *Endomycorrhizas* Sanders FE, Mosse B, & Tinker PB (eds), Academic Press, Londres.

Janos DP (1980) Vesicular - arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology*: 61 151-162.

Janzen DH (1988) Tropical Dry Forest: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. pp 130-137. In: Wilson EO & Peter FM (eds). *Biodiversity*. National Academic Press. Washington DC.



Koide R T, Li M (1989) Appropriate controls for vesicular-arbuscular mycorrhizal research. *New Phytol* 111:35-44.

Koske RW, Gemma JN (1989) A modified procedure for staining roots to detect V.A. mycorrhizas. *Mycol. Res.* 92(4):486-505.

Koske RW, Gemma JN (1992) Fungal reactions to plants prior to mycorrhizal formation. En Allen MJ (ed) *Mycorrhizal functioning, an integrative plant fungal process*. Chapman & Hall, Nueva York, pp 3-36.

Lambers H & Poorter H (1992). Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*. 23: 187-261

Lott EJ (1985). *Listados Florísticos de México III. La estación de Biología, Chamela, Jalisco*. Herbario Nacional. Instituto de Biología. UNAM. México. 47p.

Lott EJ (1993). Annotated checklist of the vascular flora de Chamela bay region, Jalisco México. *California Academy Sciences* 148, 1-60.

Marañón T & Grubb PJ (1993) Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. *Functional Ecology* 7, 591-599.

Mikola P (1965) Studies on the ectotrophic mycorrhiza of pine. *Acta Forestalia Fennica*. 79, 1-56.

Molina R, Massicotte H, Trappe JM (1992) Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: Community-Ecological consequences and practical implications. En Allen MJ (ed) *Mycorrhizal functioning, an integrative plant fungal process*. Chapman & Hall, Nueva York, pp 3-36.

Morton JB & Benny GL (1990) Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes): their role in macro- and micro-evolutionary processes. *Mycotaxon* 37, 471-491.

Mosse B (1973) Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IV. In soil given additional phosphate. *New phytologist*, 72:127-136.

Murphy PG & Lugo AE (1986) Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17, 67-88.

Newsham KK, Fitter AH & Watkinson AR (1995) Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Tree* 10(10), 407-411.6

Pankow W, Boller T, Wiemken A (1991) Structure, function and ecology of the mycorrhizal symbiosis. *Experientia*. 47(4):311-312.

Paget DK (1975) The effect of *Cylindrocarpum* on plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza pp 592-606.

Pearson V & Tinker PB (1975) Measurement of phosphorus fluxes in the external hyphae of endomycorrhizas. En *Endomycorrhizas* Sanders FE, Mosse b, & Tinker PB (eds).. Academic Press, Londres.

Rincón E & Huante P (1993a) Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. *Trees*. 7: 202-207.

Rincón E & Huante P (1993b) Influence of vesicular – arbuscular mycorrhizae on biomass production by the cactus *Pachycereus pecten – aboriginum*. *Mycorrhiza* 3, 79-81.

Rincón E & Huante P (1994). Influence of mineral nutrient availability on growth tree seedlings from the tropical deciduous forest. *Trees*. 9: 93-97.

Rzedowski J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México, 431pp.

Sanders FE (1975) The effect of foliar-applied phosphate on the mycorrhizal infections of onion roots. En *Endomycorrhizas* Sanders FE, Mosse b, & Tinker PB (eds),. Academic Press, Londres.

Schenck NC (1982) Methods for the recovery and quantitative stimulation of propagules from soil. En Daniels, B.A., Skipper, H.D. *Methods and principles of mycological research*. The American Phytopathological Society.

Sieverding E (1991) Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems, ed. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTS) GmbH. Alemania, pp 297.

Shiple B & Peeters RH (1990) The allometry of seed weight and seedling relative growth rate. *Functional Ecology* 4 523-529.

Smith SE & Read DJ (1997) *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. Cambridge, pp605.

Solis VE (1993) Características fisicoquímicas de un suelo en un ecosistema tropical estacional. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Stribley DP (1987) Mineral Nutrition. En *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, ed. Safir GR, pp 59-69. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Stubblefield SP, Taylor TN; Trappe JM (1987) Fossil Mycorrhizae: A Case for symbiosis *Science*. 237: 59-60.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Tinker PB (1975) Soil chemistry of phosphorus and mycorrhizal effects on plant growth. En: En Endomycorrhizas Sanders FE, Mosse b, & Tinker PB (eds).. Academic Press, Londres.

Walker C.1995. AM or VAM: what's in a word?. En Varma, A., Hock, B. Mycorrhiza, structure, function, molecular biology and biotechnology. Ed. Springer.Alemania.