

11821
22



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"Evaluación del índice micorrízico de *Glomus spp.*
y su eficiencia como biofertilizante en la
asociación forrajera *Avena sativa L.* y
Vicia villosa Roth".**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA
P R E S E N T A
TATIANA PELLICER OSORIO

ASESOR: M. C. YAZMIN CUERVO USAN.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2003

1



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 ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación del índice micorrízico de Glomus spp. y su eficiencia como biofertilizante en la asociación forrajera Avena sativa L. y Vicia villosa Roth".

que presenta la pasante: Tatiana Pellicer Osorio
con número de cuenta: 043302-6 para obtener el título de:
Ingeniera Agrícola.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de agosto de 2003.

PRESIDENTE:	<u>Dra. Rosa Navarrete Maya</u>	<u>Rosa Navarrete Maya</u>
VOCAL	<u>M.C. Ma. del Yazmín Cuervo Usán</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	<u>Margarita Tadeo Robledo</u>
PRIMER SUFLENTE	<u>M.C. Alfonsina Judith Hernández</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Juan Carlos Colorado Yáñez</u>	<u>[Firma]</u>

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de ella y formarme en todos los sentidos.

A la M. C. Yazmín Cuervo Usán, por su gran paciencia, sabiduría y amistad durante todos estos años.

A todos los sinodales, que se dieron a la tarea de mejorar este trabajo y hacerme las sugerencias pertinentes, contribuyendo de forma innegable a la construcción del mismo.

Al M. V. Z. Dr. Victor Manuel Casas Pérez, quien sembró en mí el interés por la ecología, luchador incansable y transmisor de su sabiduría.

Al Ing. Edgar Ornelas, quien me brindó su ayuda incondicional y sus conocimientos en todo momento.

Al Dr. Arturo Aguirre, quien además de ser una excelente persona y profesor admirable, ha sido un gran amigo y parte esencial de este trabajo.

Al compañero Ahuizotl David Gutierrez, por sus dibujos, ya que sin ellos este trabajo no estaría completo.

A Silvia y Vero por ser parte de este trabajo en el cuál me ayudaron incondicionalmente con todo su apoyo en el laboratorio y otras actividades.

A la familia Camelo Cuervo, por ayudarme en todo momento y permitirme robarles un poco de su tiempo.

A todos los profesores que a lo largo de la carrera han dejado en mí experiencias y sueños que perseguir, especialmente a: Prof. Rocío Azcarraga, Prof. Elba Martínez, Prof. José Luz Hernández, Prof. Tobías, Prof. Sánchez Arrastio, Roberto Guerrero y muchos otros.

A los compañeros que buenos o malos me hicieron madurar y que siempre recordaré con cariño.

Finalmente a todas las personas que de una u otra forma me tendieron su mano para lograr este objetivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dedicatoria.

A mis padres por haberme dado el mejor de los regalos (la vida), gracias por haberme apoyado durante todos estos años y gracias por haber creído en mí. Este es el regalo que yo les ofrezco a ustedes como padres y espero que lo vean como un logro suyo.

A mis hermanas que compartieron conmigo la vida y que me ayudaron a entenderla desde que era una niña, gracias por sus cuidados y enseñanzas, este trabajo es para ustedes.

A ti Willy porque desde que llegaste a mi vida, te has convertido en un pilar muy importante de ella, has sabido apoyarme y enseñarme que las cosas las podemos lograr juntos, gracias por ser mi pareja, mi amigo y el mejor padre de mis hijos. Gracias por toda tu paciencia, tu entrega y dedicación como esposo, tu sabes que sin tu ayuda esto no hubiera sido posible. Gracias por permitirme compartir la vida y mis sueños contigo.

A mis hijos, pues es por ellos que llegué a la conclusión de este trabajo, es a ellos a quien dedico todo este esfuerzo y por ellos que he logrado superar algunas de las mas fuertes dificultades.

Que les sirva de ejemplo y se que no se les olvide que cuando uno persigue un objetivo y lucha por el, siempre es posible alcanzarlo.

A todos y cada uno de los integrantes de la familia Giorguli que ya son parte de la mía, muchas gracias pues sin su apoyo y ejemplo de unión no se hubiera concluido este trabajo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4

ÍNDICE.

RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	
1. Forrajes	4
1.1 Importancia como fuente de alimentación	4
1.2 Superficie sembrada de avena en México	5
1.3 Tipos de forraje y especies forrajeras	5
1.3.1 Asociaciones gramíneas - leguminosas	6
1.3.1.1 <i>Avena sativa</i>	8
1.3.1.2 <i>Vicia villosa</i>	10
2. Rizósfera	12
2.1 Micorrizósfera	13
3. Micorrizas	14
3.1 Generalidades	14
3.2 Ventajas	15
3.3 Tipos de micorrizas	16
3.3.1 Micorrizas vesículo arbusculares	18
3.3.1.1 <i>Glomus spp</i>	23
3.3.1.1.1 Clasificación	23
3.3.1.1.2 Descripción y características	23
IV. METODOLOGÍA.	
1. Obtención del suelo	24
2. Reproducción del inóculo micorrízico	25
3. Descripción y ubicación del experimento	25
4. Diseño experimental	27
5. Tratamientos	27
6. Emergencia	28
7. Evaluación micorrízica	28
8. Altura de la planta	31
9. Peso fresco	31

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	
1. Emergencia	32
2. Índice micorrízico	35
3. Altura de la planta	39
4. Peso fresco	47
VI. CONCLUSIONES	52
VII. BIBLIOGRAFÍA	53
VIII. ANEXOS	59

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6

PAGINACIÓN DISCONTINUA

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro No.1 Clasificación de los forrajes	6
Cuadro No. 2 Especies de hongos formadores de Micorriza Vesículo Arbuscular (MVA)	19
Cuadro No. 3 Fuentes y cantidades de fertilizantes químicos aplicados al experimento	26
Cuadro No. 4 Porcentaje de emergencia de avena y veza	33
Cuadro No. 5 ANOVA análisis de varianza para el porcentaje de emergencia	33
Cuadro No. 6 Índice micorrízico en avena y veza expresado en porcentaje	36
Cuadro No. 7 ANOVA análisis de varianza para la primera medición del índice micorrízico	36
Cuadro No. 8 ANOVA análisis de varianza para la segunda medición del índice micorrízico.....	37
Cuadro No. 9 ANOVA análisis de varianza para la tercera medición del índice micorrízico	37
Cuadro No. 10 Altura de las plantas de avena y veza	42
Cuadro No. 11 ANOVA análisis de varianza para la primera medición de altura de las plantas	44
Cuadro No. 12 ANOVA análisis de varianza para la segunda medición de altura de las plantas	44
Cuadro No. 13 ANOVA análisis de varianza para la tercera medición de altura de las plantas	45
Cuadro No. 14 Peso fresco de avena y veza	47
Cuadro No. 15 ANOVA análisis de varianza para el peso fresco	48

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura No. 1 Esquema de las estructuras presentes en la MVA	21
Figura No. 2 Distribución de los tratamientos en el invernadero	27
Figura No. 3 Metodología para el clareo y tinción de raíces micorrizadas	29
Figura No. 4 Procesamiento para la evaluación de las raíces micorrizadas	30
Figura No. 5 Altura de las plantas por tratamiento	41

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica No. 1 Superficie sembrada de avena forrajera a nivel nacional	5
Gráfica No. 2 Porcentaje de emergencia de avena y veza	34
Gráfica No. 3 Interacción entre tratamientos para la emergencia	35
Gráfica No. 4 Porcentaje del índice micorrízico	38
Gráfica No. 5 Interacción entre plantas y tratamientos en la segunda medición de porcentaje del índice micorrízico	39
Gráfica No. 6 Altura de la planta	43
Gráfica No. 7 Interacción entre tratamientos y plantas para la segunda medición de altura	45
Gráfica No. 8 Interacción entre tratamientos y plantas para la tercera medición de altura	46
Gráfica No. 9 Peso fresco	48
Gráfica No. 10 Correlación entre la altura de la planta y el índice micorrízico	49

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN.

En México la mayoría de los suelos destinados a la producción de forrajes, son de mala calidad, por lo que se hace necesaria la aplicación de fertilizantes químicos.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar las ventajas de la aplicación de micorrizas como un biofertilizante de la asociación forrajera *Avena sativa* y *Vicia villosa*, para lo cual se evaluó la emergencia de las plantas, su altura, el peso fresco y el índice micorrízico.

Para la realización del experimento se utilizó suelo de mala calidad (bajo en nutrientes), de la zona de Chapa de Mota, Edo. Méx.; la asociación forrajera *Avena sativa* y *Vicia villosa* y tres diferentes tipos de fertilización: 1) micorriza, 2)micorriza/ fertilizante y 3)fertilizante químico (testigo). El hongo utilizado fue *Glomus spp.*

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones, cada una de ellas con diez macetas y cada maceta con tres plantas: dos de avena y una de veza, guardando la relación empleada para este cultivo en asociación.

Los resultados obtenidos de la emergencia indicaron que la micorriza ayuda al proceso de emergencia de la avena, sin embargo para la asociación forrajera como tal, el mejor tratamiento resultó ser micorriza/fertilizante.

Al final del experimento se reportó que el mayor índice micorrízico lo presentó el tratamiento 1 (micorriza).

También se determinó que la mejor producción para la asociación forrajera se obtuvo empleando micorriza/fertilizante.

I. INTRODUCCIÓN.

La ganadería es una de las principales actividades mediante las cuales se sustenta el ser humano, debido a que de ella obtiene buena parte de las proteínas indispensables para el organismo, y el ganado a su vez, obtiene el 90 % de los nutrientes que consume a través de los forrajes. Es por ello de vital importancia enfocarse a la mejora de la producción de estos (Avalos, 1996).

A lo largo de la historia de la agricultura se han creado asociaciones de cultivos para mejorar las condiciones de los suelos e incluso abatir algunos costos. Una de las asociaciones que ha dado buenos resultados es la existente entre vicia y avena (Dr. Victor Manuel Casas P, 2001). Por otro lado, se sabe que la producción forrajera se lleva a cabo en zonas muy erosionadas o con suelos de mala calidad, lo que hace necesaria la aplicación de fertilizantes a pesar de la contaminación ambiental que estos causan, ya que algunos se lixivian como lo hace el nitrógeno, contaminando de esta manera aguas subterráneas. Algunos otros como el fósforo no se necesitan en grandes cantidades, pero son poco móviles dentro del suelo y es necesaria su aplicación ciclo tras ciclo para que la planta pueda aprovecharlos (INIPOFOS, 1997).

Afortunadamente existen alternativas biológicas que día con día se perfeccionan y se encuentran mas cercanas a los productores, como es el caso de la asociación entre plantas y hongos que ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas, debido a que aumenta la superficie de absorción de las raíces; confiriéndole cierta selectividad y ayudándole a acumular nutrientes como el fósforo. A esta simbiosis se le conoce como micorrizas (Agrios, 2002).

Las micorrizas ayudan a conservar los suelos al crear agregados estables que son relativamente resistentes a los agentes de la erosión (Miller y Jastrow, 1992). Además, esta asociación mutualista desempeña un papel fundamental no solo en la estabilidad del suelo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

y la nutrición vegetal sino también en el equilibrio biológico y en el reciclaje de nutrientes del ecosistema (Bago *et al.*, 2000).

El mejoramiento en la nutrición mineral, el incremento de la supervivencia, el crecimiento y la capacidad productiva son solo algunas de las ventajas que ofrece la infección micorrízica.

Las micorrizas pueden ser muy diversas, pero el grupo que predomina en este tipo de asociaciones con las plantas cultivadas son las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) (González *et al.*, 1998).

Debido a la importancia de los forrajes como principal fuente de alimentación ganadera y la mala calidad de los suelos de la mayoría de las zonas productoras, surge la inquietud de utilizar a las MVA del género *Glomus* como un biofertilizante que ayude a que las plantas dispongan de la cantidad necesaria de fósforo y otros elementos como el potasio, el hierro y el manganeso, logrando así disminuir la cantidad de fertilizante a aplicar y sus costos de producción, obteniendo un beneficio ecológico y financiero, ya que de la producción del forraje dependerán las ganancias del ganadero.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. OBJETIVOS.

Objetivo General.

Determinar las ventajas de la producción en la asociación forrajera de *Avena sativa* L. y *Vicia villosa* Roth. con la aplicación de la micorriza vesículo arbuscular (MVA) *Glomus spp.* como biofertilizante.

Objetivos Particulares.

- Conocer el efecto de la MVA del género *Glomus* en la asociación forrajera *Avena sativa* y *Vicia villosa*.
- Evaluar el índice micorrízico de la asociación forrajera *Avena sativa* L. y *Vicia villosa* Roth.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

1. FORRAJES.

1.1 Importancia de los forrajes como fuente de alimentación.

Se denomina forraje al alimento vegetal para los animales domésticos. Generalmente este término se refiere a materiales como los pastos, heno, ensilaje y alimentos básicos (Hughes *et al.*, 1996).

Las principales especies forrajeras se encuentran fundamentalmente en dos familias botánicas, que son las gramíneas y las leguminosas.

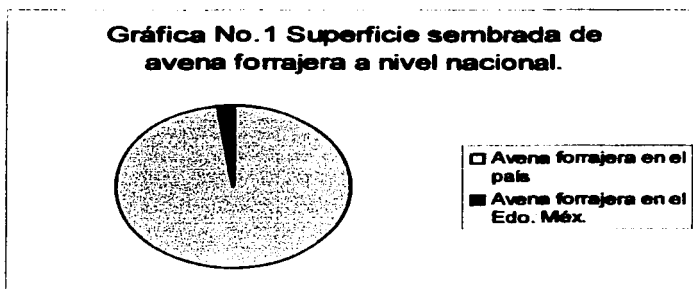
Las leguminosas son plantas esenciales en los programas de rotación de cosechas, que son muy valiosas para la conservación de los suelos, porque mejoran la estructura de los mismos y protegen su superficie de la erosión. Dentro de este grupo botánico se encuentra la veza (*Vicia villosa*), que es de importancia económica dentro de las zonas templadas debido a su resistencia a las bajas temperaturas menores a los 0° C, así como su adaptabilidad a diversos tipos de suelos. Las vezas en general se utilizan mucho como cultivos de cobertera. Su hábito de crecimiento en matas contribuye a proteger el suelo de la erosión y, al agregar materia orgánica al mismo, mejora su condición física y proporciona elementos nutritivos. Al ser plantas rastreras tienden a distribuirse sobre todo el terreno, para lo cuál suelen asociarse con cereales como la avena y el centeno, que les funciona como tutor (Dunthil, 1990).

Dentro de las gramíneas se encuentran los cereales, que son cultivados como forraje debido a sus buenos rendimientos y riqueza en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono digeribles, esto aunado a su rápido crecimiento. Los factores que determinan la elección de un cereal son la humedad y la temperatura, siendo la avena (*Avena sativa*) la ideal para

los climas cálidos y húmedos debido a su alto rendimiento y calidad, además de ser muy apetecidos por el ganado. La avena tiene múltiples aplicaciones ya sea en la alimentación humana o como forraje, donde se le consume henicado o en verde (Robles, 1982).

1.2 Superficie de avena sembrada en México.

La superficie sembrada a nivel nacional para el año agrícola otoño invierno 2002-2003 fue de 180,823 ha, de las cuales el Estado de México aportó 4,106 ha que corresponden al 2.27%, como se muestra en la gráfica No.1.



Fuente. SAGARPA con información del SIAP, 2003.

1.3 Tipos de forraje y especies forrajeras.

Las especies que se utilizan como forraje son numerosas, ya sea para su consumo en verde o para heno. Los forrajes pueden ser clasificados como se muestra en el cuadro No. 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No. 1. Clasificación de los forrajes.

Forrajes anuales	Puros. Se refiere a monocultivos como el maíz, la cebada, el sorgo o la remolacha.	
	Asociación. Las asociaciones se pueden realizar entre cereales o entre un cereal y una leguminosa.	
Forrajes plurianuales o temporales	Artificiales o praderas.	Praderas monofitas (alfalfa, esparceta, zulla, etc.).
		Praderas polifitas (gramíneas, leguminosas).

Fuente: Guerrero, 1999.

1.3.1 Asociaciones gramíneas – leguminosas.

Las asociaciones entre leguminosas y gramíneas representan un alto valor alimenticio para los animales que se encuentran en pastoreo, pues además de aumentar el rendimiento, permiten una mayor producción lechera y una ganancia en peso. Estas asociaciones entre plantas son una de las alternativas para aprovechar el espacio con el que se cuenta; también ofrecen ventajas importantes en cuestión de ahorro al momento de la siembra y fertilización. Por otro lado, el hecho de asociar leguminosas con cereales para producir forrajes tiene otra gran ventaja, es un alimento de buena calidad que se puede ofrecer a los animales, y a la vez ahorra el trabajo de hacer mezclas de alimentos (Voisin, 1994).

Los cereales son considerados como las primeras especies cultivadas por el hombre, marcando la vida de este y de las diferentes civilizaciones que han dependido de su cultivo. Pertenecen a la familia de las gramíneas y se han cultivado y modificado a lo largo de la historia humana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las gramíneas se han cultivado por varias causas, una de ellas y el objeto principal de su producción es la riqueza en almidones y proteínas que contienen sus granos, además constituyen un alimento energético rico en calorías (López, 1991).

El cultivo de avena es muy apreciado sobretodo para la alimentación equina, ya que contiene alta proporción de grasa y fibra en sus glumillas, lo que lo convierte en un alimento altamente energético (Ossa, 2001).

La avena y el centeno aunque todavía son muy cultivados en Europa, se encuentran en franca regresión en beneficio de la cebada y el maíz, gracias a la mejora de la fertilidad de los suelos (López,1991).

Por su valor nutritivo, las leguminosas son productos alimenticios importantes, ya que son fuente de proteína y se les considera como un complemento de los cereales, pues contienen 20-26 % de proteína; además tienen la capacidad de fijar N con ayuda de las bacterias nitrificantes que se encuentran presentes en sus raíces, lo que eleva la fertilidad del suelo. Es por todo esto que se recomienda la rotación de cultivos con leguminosas o su siembra en asociación con cereales (Terranova, 1995).

Además, las leguminosas son capaces de absorber nutrientes más eficientemente que otras especies, aún bajo condiciones de poca fertilidad, lo que les ayuda a competir mejor que otras plantas. Según Muslera (1984), se ha observado que las leguminosas superan a las gramíneas en cuanto a la absorción de nutrientes como Ca y Mg.

Asociaciones comunes son las realizadas entre veza-cebada y cebada-avena. Dentro de las asociaciones, destaca la que se realiza entre veza y avena (*Vicia villosa* y *Avena sativa*), que es la más común y de gran importancia en países como España (Guerrero,1999).

1.3.1.1 *Avena sativa*.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Reino: Plantae.

División: Spermatophyta.

Subdivisión: Angiospermae.

Clase: Monocotyledonae.

Orden: Glumiflorales.

Familia: Graminaceae.

Subfamilia: Festucoideae.

Género: *Avena*.

Especie: *A. sativa* L.

(Rzedowski y Rzedowski , 2001.)

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.

La avena es una planta anual, gramínea, que puede ir desde los 0.6 m hasta 1.5 m de altura, su raíz es fibrosa; tiene el tallo grueso, pero con poca resistencia. Puede tener de tres a cinco tallos; las hojas son planas y alargadas. La lígula es de forma ovalada y su inflorescencia es una panoja compuesta situada sobre largos pedúnculos. La fecundación es autógama y su flor está envuelta por dos brácteas (lema y pálea) (Robles, 1982) .

APROVECHAMIENTOS.

La avena tiene el quinto lugar en producción mundial de cereales, y se le considera el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte (López, 1991). El grano de esta planta es utilizado principalmente para la alimentación del ganado caballar, ovino, vacuno y mular, ya que cuenta con altos contenidos de vitamina E. Se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cultiva como forraje, para pastoreo, heno o ensilado. Se le puede asociar con cebada o con veza (Osca, 2001).

CONDICIONES ECOLÓGICAS.

Generalmente se cultiva en regiones de clima frío, a temperaturas de 10-12° C que le permiten un crecimiento continuo, mismo que cesa a los 4° C. El tipo de fotoperiodo (largo o corto) varía de acuerdo a la variedad (Robles, 1982). Requiere de buena cantidad de agua, debido a su alto coeficiente de transpiración; sin embargo, una humedad excesiva puede perjudicarla. En pH de 5 a 7 se obtienen buenas producciones. La cantidad de semilla empleada por hectárea es por lo general de 100-150 Kg (Guerrero, 1999).

VARIETADES RECOMENDADAS EN MÉXICO.

Las variedades recomendadas para el Estado de México son: CEVAMEX, Juchitepec, Karma, Papigochi, Raramuri, Saia, Chihuahua y Cuauhtémoc (SAGARPA- SNICS, 2003).

PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Las plagas más importantes de este cultivo son los pulgones de la espiga del follaje (*Sitobium avenae*), la pulga saltona (*Chaetocnema spp.*) y la hormiga roja (*Atta ferbens*) (De Liñán, 1998).

Las enfermedades que se presentan con mayor frecuencia son provocadas por hongos, entre las que destacan el carbón cubierto (*Ustilago avenae*), el carbón desnudo (*U. hordei*), la cenicilla (*Erysiphe graminis*), la roya polvillo de la caña (*Puccinia graminis*), la roya anaranjada o polvillo de la hoja (*Puccinia coronata*) y la septoriosis (*Septoria avenae*). Dentro de las enfermedades provocadas por bacterias se encuentra el halo bacteriano

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(*Pseudomonas syringae*). Además el cultivo puede verse afectado por el virus BYDV (grupo luteovirus), causando el enanismo amarillo (Latorre, 1992).

1.3.1.2 *Vicia villosa*.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Reino: Plantae.

División: Spermatophyta.

Subdivisión: Angiospermae.

Clase: Dicotyledonae.

Orden: Rosales.

Familia: Leguminosae.

Subfamilia: Lotoideae

Género: *Vicia*.

Especie: *V. villosa* Roth.

(Rzedowski y Rzedowski, 2001)

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.

Esta planta que pertenece a la familia de las leguminosas se conoce también como arveja o veza. Es una planta anual de raíces profundas, ramificadas y nudosidades causadas por la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno; cuenta con tallos débiles, rastreros o con tendencia a trepar; puede crecer desde 60 cm a 1.50 m; las hojas son compuestas por folíolos que terminan en zarcillos; la inflorescencia es un racimo de color blanco o violáceo según la variedad, las vainas son alargadas de 40-80 mm, amarillentas, con cuatro a diez semillas redondas u ovaladas, de color rojo o negro (Cubero, 1983).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APROVECHAMIENTOS.

El forraje proporcionado por la veza es muy parecido al de la alfalfa. Algunos análisis realizados muestran que existe una variación según la edad de la planta, con mayor contenido de proteína y de grasa y menor cantidad de celulosa cuando se encuentran en pleno crecimiento, además de contener más caroteno, de gran importancia en la producción de vitamina A.

Debido a que las plantas jóvenes contienen elevado nivel de vicina que es tóxica para el ganado, se recomienda mezclarla con cereales (Guerrero, 1999). Puede utilizarse como abono verde, para pastoreo directo, como forraje verde de corte, para henificación e incluso para ensilaje.

En un buen cultivo las raíces de veza pueden dejar en el suelo hasta 80 kg de nitrógeno por hectárea, además de grandes cantidades de materia orgánica. La veza también es empleada para evitar la erosión, puesto que es un cultivo rastrero (Voisin, 1994).

CONDICIONES ECOLÓGICAS.

Es una planta que se adapta en términos generales a los climas templados cálidos y templados fríos, obteniéndose buen desarrollo en el Valle de Toluca, el Bajío y demás zonas similares. Todas las variedades son tolerantes a suelos ácidos, resisten poco a la sequía y el exceso de la humedad las perjudica. En México esta planta se asocia comúnmente con trigo, cebada, maíz o avena, proporcionándole el sostén necesario (Cubero, 1983).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VARIETADES RECOMENDADAS PARA MÉXICO.

Debido a que no existen variedades liberadas en nuestro país, la semilla de veza que se utiliza es de origen español, o bien de semillas criollas obtenidas por los productores. Algunas de las variedades españolas, recomendadas para la producción de forraje son: Armante, Aula DEI 118, Bernina, Cobra, Corina, Magna, Mezquita, Rucu y Silna (Guerrero, 1999).

PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Las plagas más frecuentes en este cultivo son: el curculiónido (*Sitona lineatus*), el gorgojo (*Bruchus brachialis*) y el pulgón (*Aphis fabae*) que no es específico del cultivo (Davidson, 1992).

Dentro de las enfermedades, el mildiu (*Peronospora viciae*) es la de mayor importancia en el cultivo de veza (Guerrero, 1999).

2. RIZÓSFERA.

La región del suelo que se encuentra bajo la influencia física y fisiológica de las raíces de las plantas es conocida como rizósfera (Ferrera-Cerrato, 1989). Se caracteriza por gradientes que ocurren en una dirección radial y longitudinal a todo lo largo de la raíz. Los gradientes pueden existir para nutrientes minerales, pH, procesos de potencial redox, exudados de la raíz y actividad microbiana; dichos gradientes se determinan por el suelo y por los factores de la planta, que afectan la adquisición de nutrimentos minerales y juegan un papel importante en la adaptación de la planta a condiciones químicas adversas en el suelo como el caso de los suelos ácidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la rizósfera se liberan sustancias químicas por excreción, difusión, etc., la presencia de estas tiene un fuerte efecto sobre los microorganismos que ahí habitan (efecto rizosférico). El pH de la rizósfera puede variar hasta por más de dos unidades, esto depende de la forma en que se provee el N (nitratos, nitritos o fijación de N simbiótico), el genotipo de la planta y el estatus nutricional de esta, así como la capacidad buffer del suelo. Se ha demostrado que la acidificación de la rizósfera está causada por una deficiencia de nutrientes inducida por la excreción de ácidos orgánicos; estos cambios tienen efectos importantes en la solubilidad y en la adquisición de nutrimentos como P, Fe y Mg (Marschener, 1992).

Los procesos de las raíces pueden afectar el pH de la rizósfera, es decir, que los exudados de las raíces afectan directamente la química de la rizósfera (Marschener, 1998).

Los exudados que se encuentran en la rizósfera son generalmente del tipo de los monosacáridos, disacáridos, trisacáridos (Ames, 1987).

2.1 Micorrizósfera.

La micorrizósfera es el término que se le da a la zona de influencia que tiene efecto sobre los procesos físico-químicos y microbiológicos de la raíz y su asociación con hongos micorrízicos (Ferrera-Cerrato, 1989). Este término fue sugerido por Rambelli en 1973 (citado por Finlay y Soderström, 1992), para describir la influencia de las micorrizas sobre el suelo que rodea a las raíces infectadas. En esta zona la permeabilidad de la membrana puede alterarse y de este modo la calidad y la cantidad en la exudación de la raíz, que induce cambios en la composición de los microorganismos de la rizósfera que ahora se llama micorrizósfera. Este concepto, implica que la micorriza influye significativamente en la microbiota de la rizósfera alterando la fisiología y la exudación de la raíz; este efecto le permite a la planta soportar mejor el estrés ambiental, tolerar o reducir sus efectos y las enfermedades, así como producir sustancias pegajosas que dan lugar a agregados en el

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

suelo, proporcionándole una mejor estructura y permitiendo la aireación, percolación y estabilidad, (Linderman, 2000).

Una de las aportaciones más importantes del efecto rizosférico según Marx (1993), es que el hongo protege a la raíz de la planta de patógenos de hábitos radicales, ya que crea una barrera física formada por el manto fúngico y la producción de sustancias antibióticas por el hongo simbiote.

3. MICORRIZAS.

3.1 Generalidades.

La palabra micorriza se deriva de las palabras griegas mikes = hongo y rhiza = raíz. Es una simbiosis que se lleva a cabo entre las plantas superiores y cierto tipo de hongos especializados del suelo. La mayoría de las especies de las plantas terrestres tienen en las raíces una asociación simbiótica con hongos llamada "micorriza" (Linderman, 2000).

Las micorrizas son asociaciones entre plantas y hongos que colonizan los tejidos corticales de las raíces, mientras estas se encuentran en crecimiento. Se caracteriza por la aportación de carbono de la planta hacia el hongo y de nutrientes del hongo a la planta (Sylvia, 2000).

La micorriza existe en el suelo como una clamidospora de pared gruesa o bien como propágulos vegetativos en la raíz que germinan en la rizósfera- rizoplano (Linderman, 2000).

En 1885 A. B. Frank aplicó el término micorriza por primera vez y clasificó esta simbiosis en dos tipos: ectótrofa y endótrofa, desde entonces se sabe que la mayoría de las plantas terrestres se asocian a hongos (Azcón, 2000). Posteriormente han surgido varias propuestas de clasificación para las micorrizas, mismas que se señalarán más adelante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2 Ventajas.

El área superficial de las raíces puede aumentarse a través de la asociación micorrízica ofreciendo varias ventajas a las plantas de interés agrícola, hortícola, frutícola, forestal y a los ecosistemas naturales en general. Entre estas ventajas y una de las más importantes es que reduce las enfermedades de la raíz, mediante la absorción de todos los elementos minerales, pero sobre todo de aquellos poco solubles y móviles en el suelo como el fósforo, el cobre y el zinc, esto se traduce en plantas más vigorosas capaces de resistir o tolerar las enfermedades de la raíz (Marschener, 1998).

Otros beneficios adicionales que confiere a las plantas es la resistencia a la sequía, a la salinidad y la fijación de nitrógeno en leguminosas. La principal función de la micorriza es el incremento en el volumen del suelo explorado, para la utilización de nutrimentos, favoreciendo de esta forma la eficiencia de su absorción desde la solución del suelo y contribuyendo de manera importante en la mejora de la estructura del suelo, lo que permite una buena aireación y percolación de agua.

La micorriza beneficia el crecimiento de las plantas, tomando nutrientes móviles presentes en el suelo con bajas concentraciones en forma soluble; los nutrimentos viajan dentro de la hifa vía un flujo citoplasmático a las células de la raíz, donde finalmente ocurre la toma de nutrientes por la planta (Linderman, 2000).

La colonización micorrízica también puede incrementar la utilización de otros nutrimentos del suelo, siendo el fósforo uno de los elementos más importantes dentro de esta simbiosis. Por ejemplo el potasio, el hierro, el manganeso, el cloro y el magnesio a menudo se encuentran en altas concentraciones en plantas micorrizadas, por lo que se considera que los hongos arbusculares también intervienen en su absorción.

Los micronutrientes como el zinc, el cobre, el azufre, y el molibdeno son absorbidos activamente por las hifas micorrízicas y transportados a la planta hospedante, quien a su vez devuelve al hongo carbohidratos y aminoácidos para el crecimiento de este (Marschener, 1998).

3.3 Tipos de micorrizas.

Existen diversos tipos de clasificación para las micorrizas, mismos que han cambiado a través del tiempo. En 1885 el botánico alemán Frank, descubrió a las micorrizas y en 1900 el francés Bernard al estudiar a las orquídeas puso de manifiesto la importancia de las micorrizas para el crecimiento de estos vegetales.

Frank (1885) (citado por Allen, 1991), describió dos tipos de micorriza, la endomicorriza y la ectomicorriza, basándose en la penetración del hongo en las células corticales de la raíz. Otros tipos de micorrizas se describieron después dando origen a diferentes nombres como ectomicorriza, ectoendomicorriza y endomicorriza.

Lewis (1973) divide a la endomicorriza en tres grupos: micorriza vesículo-arbuscular; micorriza ericacea y micorriza orquidacea (Ferrera-Cerrato, 1993).

Una clasificación más reciente es la propuesta por Harley y Smith en 1983, en la cual se describen siete tipos: ectomicorriza, ectoendomicorriza, micorriza arbutoide, micorriza ericoide, micorriza monotropoide, micorriza orquídea y micorriza vesículo-arbuscular (MVA) (Ferrera-Cerrato, 1989).

Hay dos formas principales de desarrollo micorrizal en plantas superiores: ectomicorrizas y micorrizas vesículo arbusculares (Marschener, 1998).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las micorrizas pueden ser muy diversas y algunas de ellas se especializan tanto que crean una dependencia entre ellas y su hospedero, como es el caso de las micorrizas orquidáceas.

Una de las descripciones más complejas es la realizada por Lewis en 1973, quien describe hasta siete tipos, sin embargo y dado la complejidad de estas clasificaciones, aquí solo se describirán por la forma en que las hifas se encuentran dispuestas dentro de los tejidos corticales de la planta.

Agrios (2002) describe tres tipos : ectomicorrizas, ectoendomicorrizas y endomicorrizas.

La ectomicorriza se caracteriza por la presencia de hifas entre las células corticales de la raíz que producen una estructura tipo red llamada "red de Harting", aquí se ve afectada la estructura de las raíces más finas, resultando en bifurcaciones y racimos. Esta micorriza se asocia comúnmente con plantas leñosas, principalmente con aquellas de las familias Pinacea, Fagacea, Betulacea y Mirtacea; los hongos que forman ectomicorrizas pertenecen a más de 4,000 especies de hongos basidiomicetos y ascomicetos (Sylvia, 2000).

Las esporas de los hongos ectomicorrízicos se forman en el suelo y son diseminadas por el viento. Las hifas producen un manto fungoso alrededor de las raicillas, también penetran en las raíces pero solo crecen alrededor de las células corticales, reemplazando a una parte de la lámina media entre las células dando origen a la llamada red de Harting.

Las ectoendomicorrizas constituyen un tipo intermedio entre las ectomicorrizas y las endomicorrizas, de identidad desconocida y que poseen la característica de tener hifas en las células corticales de la raíz o en torno a ellas, pueden tener o no un manto fungoso sobre las raicillas.

Las endomicorrizas no se encuentran rodeadas por un manto fungoso denso, sino más bien por un micelio cenocítico que se forma sobre la superficie de la raíz, a partir de la cuál

se forman subterráneamente hifas y grandes zigosporas de color perla. Las endomicorizas se producen en la mayoría de las plantas cultivadas y en algunos árboles forestales.

Las endomicorizas o micorizas vesículo arbusculares (MVA), se caracterizan por la penetración de las hifas dentro de las células corticales de la raíz, también forma hifas especializadas (haustorios) llamadas arbusculos, o grandes hifas hinchadas (vesículas); cada una de las estructuras de esta micorriza tiene un fin específico (Agrios, 2002).

3.3.1 Micorizas vesículo arbusculares (MVA).

Se le ha otorgado este nombre a la simbiosis que se desarrolla entre la mayoría de las plantas superiores y un grupo especial de hongos zigomicetos. Se les llama así porque invaden la raíz de la planta y forman una pared de vesículas largas y gruesas en la raíz, invaden las células corticales para formar arbusculos que se encuentran en la superficie para el cambio de metabolitos entre los hongos y el hospedero (Anderson, 1992).

Esta simbiosis micorrizica se encuentra ampliamente distribuida en el reino vegetal, prevaleciendo en la mayoría de las plantas superiores, excepto en las familias Chenopodiacea y Cruciferaea; esto se atribuye a la producción de isotiocianatos, que poseen una potente actividad insecticida, antibiótica, alelopática y funguicida (Espinosa-Victoria, 2000).

Las MVA forman esporas y estructuras esporofitas en el suelo, las cuales germinan formando hifas atraídas químicamente a la superficie de la raíz donde finalmente penetran.

Existen más de 100 especies de MVA que se han reconocido en el suelo (cuadro No. 2), y se encuentran clasificadas de acuerdo a sus características morfológicas como el tamaño de la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

espora, el grosor de la pared, el grosor de las hifas vegetativas y su forma (Marschener, 1992).

Cuadro No. 2. Especies de hongos formadores de MVA.

Género: <i>Acaulospora</i> (Gerd. & Trappe)	Género: <i>Entropnospora</i> (Ames & Schneider)	Género: <i>Gigaspora</i> (Gerd. & Trappe)
Especies: <i>appendicula</i>	Especies: <i>colombiana</i>	Especies: <i>albida</i>
<i>longula</i>	<i>infrequens</i>	<i>candida</i>
<i>mellea</i>	<i>schenckii</i>	<i>decipiens</i>
<i>rugosa</i>		<i>gigantea</i>
<i>spinosa</i>		<i>margarita</i>
Género: <i>Glomus</i> (Tulasne & Tulasne)	Género: <i>Sclerocystis</i> (Gerd. & Trappe)	Género: <i>Scutellospora</i> (Walker & Sanders)
Especies: <i>abidum</i>	Especies: <i>clavispora</i>	Especies: <i>aurigloba</i>
<i>borealis</i>	<i>coremioides</i>	<i>calospora</i>
<i>caledonium</i>	<i>microcarpus</i>	<i>fulgida</i>
<i>segmentatum</i>	<i>rubiformis</i>	<i>gregaria</i>
<i>vesiculiferum</i>	<i>sinuosa</i>	<i>verrucosa</i>

Fuente: González, 1989.

Como ya se mencionó anteriormente, las MVA se caracterizan por la formación de arbuscúlos y vesículas. Los arbuscúlos (Figura No. 1) se encuentran dentro de las células corticales, y desempeñan un doble papel, ya que al penetrar a la célula del hospedero le ponen a su disposición las sustancias nutritivas que vienen del exterior de la raíz a través

de las hifas, además de translocar los carbohidratos provenientes de la planta necesarios para el desarrollo del hongo. Estos arbusculos surgen a partir de una hifa intercelular o intracelular, que mediante ramificaciones dicotómicas sucesivas forman una extensa cantidad de ramas, son de vida corta y sirven como sitios de intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta.

Las vesículas (Fig. No.1) son estructuras de forma globosa, usualmente llenas de lípidos, que sirven como órganos de almacenamiento de energía y estructuras reproductivas. Se pueden encontrar intracelular o intercelularmente, y son consideradas como órganos de reserva del hongo.

Las estructuras externas de los hongos micorrizicos son hifas (figura No.1) que forman abundante micelio que se ramifica desde la corteza de la raíz y se extiende hacia el suelo, donde produce las esporas, estructuras de resistencia y reproducción (Sylvia, 2000).

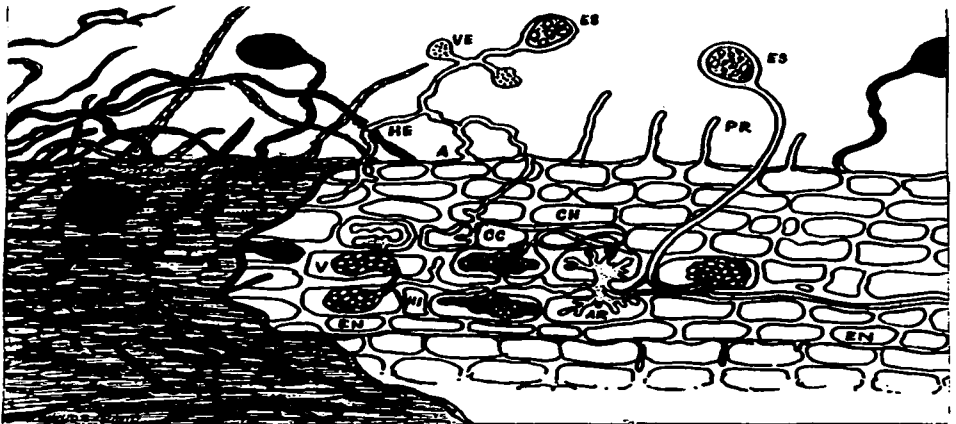
Bonfante- Fasolo, (1984); Barea *et al.*, (1991); Bonfante y Bianciotto, (1995); Smith Read, (1997) (citados por Bago *et al.*, 2000), han sido algunos de los estudiosos de las etapas de formación de la MVA. La colonización comienza con el contacto de hifas infectivas procedentes de esporas de micelio externo o interno. Después de la formación de un apresorio, el hongo penetra en la raíz, y se extiende de manera radial por la epidermis y exodermis, a través de los espacios intercelulares o colonizando célula por célula. Una vez que las hifas llegan a las células de la corteza comienzan a diferenciarse dando lugar a los arbusculos, estructuras donde tiene lugar el intercambio bidireccional de nutrimentos hongo-planta.

Al establecerse la simbiosis, el hongo comienza a formar estructuras globosas con funciones de reserva de nutrimentos y perpetuación (vesículas y esporas) con las que se cierra el ciclo vital del hongo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura No. 1 Esquema de las estructuras presentes en las MVA.

- | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| A) Apresorio. | CH) Cadena hifal. | HE) Hifa extramatrical. | V) Vesículas. |
| AR) Arbúsculo. | EN) Endodermis. | HI) Hifa intercelular. | VE) Vesícula externa. |
| CC) Célula cortical. | ES) Esporas. | PR) Pelos radiculares. | |



Realizado por Ahuizotl David Gutiérrez Castillo (2003). Basado en Nicolson, (1967) y Bonfante-Fasolo, (1984).

Las MVA son constituyentes esenciales de la micoflora natural del suelo y probablemente colonizan mas tejidos que cualquier otro tipo fungal. Las MVA también desarrollan una hifa extraradical que crece en el suelo del entorno, incrementando el potencial del sistema radical para la absorción de agua y nutrientes; dichas hifas pueden extenderse varios centímetros a través del suelo y exudar materia orgánica que a su vez es sustrato para otros microorganismos del suelo. Esta asociación entre hifas y microorganismos produce sustancias pegajosas que dan lugar a agregados en el suelo proporcionándole estructura a este, que permiten la aireación, precolación y estabilidad del suelo (Linderman, 2000).

Diversos factores pueden afectar el desarrollo, actividad y sobrevivencia de los hongos micorrízicos. Dentro de los más importantes se encuentran las prácticas culturales agrícolas, particularmente la adición de fertilizantes, aplicación de pesticidas y rotaciones de cultivos, así como las condiciones medioambientales. La colonización provocada por las MVA tiende a ser más frecuente en suelos con fertilidad baja o moderada (Manjarrez *et al.*, 2000).

Morton (1988, citado por González, 1989), sugiere la existencia de seis géneros de hongos formadores de MVA, con un total de 126 especies. En el cuadro No. 2 se presentan solo algunas especies de estos seis géneros, dentro de los cuales destaca *Glomus*, pues es el que presenta mayor cantidad de especies formadoras de MVA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3.1.1. *Glomus spp.*

3.3.1.1.1 Clasificación.

Reino: Fungi.

División: Eumycota.

Clase: Zygomycetes.

Orden: Glomales.

Suborden: Glominae.

Familia: Glomaceae.

Genero: *Glomus*.

Especie: *G. spp.*

(Bentivenga y Morton, 2000).

3.3.1.1.2 Descripción y características.

El género que cuenta con más especies y se presenta con mayor frecuencia es *Glomus.*; y se caracteriza por clamidosporas grandes (esporas unicelulares), formadas en esporocarpos ubicados en los extremos hifales en ramos o saliendo solas en el suelo. La forma de las esporas suele ser globosa o subglobosa y su color puede variar de hialino a negro, además las paredes pueden variar desde una hasta siete y el contenido de estas estructuras una vez que están maduras es de glóbulos de lípidos, productos de reserva de los hongos, formados a partir de la síntesis de azúcares simples que obtienen de las plantas (González, 1989).

Normalmente se presenta solo una hifa sustentora que puede ser recta, curvada, o en forma de embudo, solo este género presenta hifas sustentoras múltiples. La germinación es vía las hifas sustentoras viejas y en algunas ocasiones a través de la pared de la espora (González, 1988, citado por Ortuño *et al.*, 1992).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este género pueden desarrollar vesículas de tipo intracelular e intercelular. Se ha encontrado que las hifas de *Glomus spp.* pueden extender la zona de captación, al menos, siete centímetros más allá de la superficie de la raíz, además de que un centímetro de la raíz micorrizada puede tener hasta 80 cm de hifas externas (Sánchez *et al.*, 1990).

IV. METODOLOGÍA.

El presente trabajo se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán bajo condiciones de invernadero, empleando la asociación forrajera *Avena sativa* L y *Vicia villosa* Roth con la micorriza *Glomus spp.* sembradas en maceta para facilitar su manejo.

El experimento se llevó a cabo del 19 de Junio al 19 de Agosto de 2002. Una semana después de la siembra se determinó el porcentaje de emergencia y cada veinte días se evaluó la altura de las plantas así como el índice micorrízico. Al término del experimento se evaluó el peso fresco.

1. Obtención del suelo.

El suelo con el cuál se trabajó, se obtuvo de la zona de Chapa de Mota, Edo. Méx., del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., ubicado en el Km. 68.5 de la carretera Atizapán- Xilotepec, donde se lleva a cabo la siembra de avena y veza como cultivo en asociación con fines forrajeros.

El suelo es de color rojizo y pobre en minerales. El lugar cuenta con un clima templado y la temperatura media anual es de 14° C, la vegetación corresponde a bosque latifoliado esclerófilo y caducifolio con suelo feozem húmico (FAO-UNESCO), con un pH de 4.7 a 6.1. Los cultivos predominantes en la región son el maíz y la avena en asociación con la veza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con la finalidad de hacer la calidad del suelo más uniforme este fue extraído de un solo lugar.

2. Reproducción del inóculo micorrízico.

Para la reproducción del inóculo se utilizó el método de propagación e inoculación de Ferguson y Woodhead (1981) modificada. Esta inició con la desinfección de las macetas de seis pulgadas, que fueron lavadas y desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 10 %. El suelo sobre el cual se reprodujo la micorriza *Glomus spp.* se obtuvo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán detrás de la zona de invernaderos y fue esterilizado en autoclave a una temperatura de 121° C por espacio de 15 minutos.

Las macetas se llenaron con este suelo, luego se aplicó una capa de la micorriza y otra capa de suelo, luego la especie vegetal (mezcla de pasto rhodes), otra capa de *Glomus spp.* y finalmente se aplicó otra capa muy fina de suelo. Las macetas se regaron cada tercer día y el inóculo se obtuvo al término de 15 días.

3. Descripción y ubicación del experimento

El experimento se realizó en uno de los invernaderos de cristal de la Facultad. Se emplearon 120 macetas de seis pulgadas, lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10%, con capacidad de 1 Kg., asignando 10 macetas a cada una de las doce unidades experimentales.

A las unidades experimentales que así lo requirieron se les agregó 1g aproximadamente de la micorriza del genero *Glomus*, esta fue cubierta con 2 g de suelo y otra capa de inóculo de *Glomus spp.* para continuar con la siembra de la asociación forrajera *Avena sativa* y *Vicia villosa*, colocándose en cada maceta cuatro semillas de veza y dos semillas de avena, finalmente se les cubrió con 4 g de suelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una semana después de la siembra se realizó un aclareo por maceta, con la finalidad de que en cada una quedaran dos plantas de avena y una de veza y guardar de esta forma la relación que se establece para esta asociación.

A los tratamientos que empleaban fertilizante, se les suministró un mes después de la siembra, tal como se hace en la zona de Chapa de Mota, siguiendo las proporciones 160-100-120 (N-P-K)/ ha, utilizando las cantidades y fuentes que se muestran en el cuadro 3.

Cuadro No. 3 Fuentes y cantidades de fertilizantes químicos aplicados al experimento.

Fuente	Cantidad por maceta
Urea como fuente de nitrógeno.	0.0062g
Superfosfato de calcio triple como fuente de fósforo.	0.0038g
Cloruro de potasio como fuente de potasio.	0.0040g

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. Diseño experimental.

El diseño fue completamente al azar y se distribuyó dentro del invernadero como se muestra en la figura No. 2.

Figura No. 2 Distribución de los tratamientos en el invernadero

T3 Fertilizante rep. 3	T1 Micorriza rep. 2
T3 Fertilizante rep. 1	T1 Micorriza rep. 3

T2 Mic/ fert . rep. 4	T1 Micorriza rep. 4
T2 Mic/ fert. rep. 3	T3 Fertilizante rep 2

T1 Micorriza rep. 1	T2 Mic / fert. rep. 1
T2 Mic / fert. rep. 2	T3 Fertilizante rep 4

Puerta del
invernadero

5. Tratamientos.

Los tratamientos fueron tres, con cuatro repeticiones, teniendo un total de doce unidades experimentales, cada una de ellas con diez macetas y cada maceta con dos plantas de avena y una de veza, guardando la misma proporción que en el rancho de la U. N. A. M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento 1. Asociación forrajera avena – veza con micorriza.
- Tratamiento 2. Asociación forrajera avena – veza con micorriza y fertilizante.
- Tratamiento 3. Asociación forrajera avena – veza con fertilizante, (TESTIGO).

6. Emergencia.

El porcentaje de emergencia, se calculó una semana después de la siembra, contando el número de plantas emergidas por especie y por maceta y multiplicándolas por cien.

7. Evaluación micorrízica.

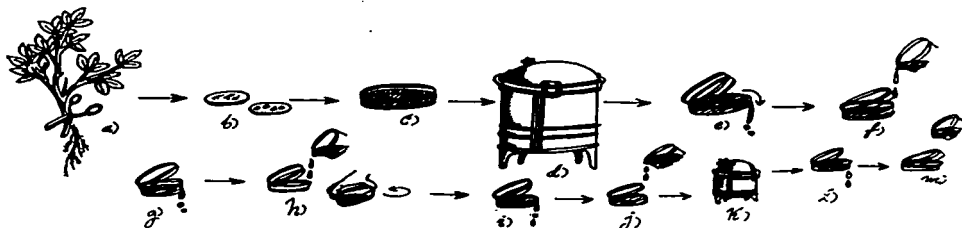
El índice micorrízico se evaluó cada 20 días, utilizando la “técnica de clareo y tinción” propuesta por Phillips y Hayman en 1970 y modificada por Kormanik *et al.* en 1980, la técnica consistió en los siguientes pasos (figuras No. 3 y 4) :

- A) Las raíces se cosechan y se lavan perfectamente con agua corriente.
- B) Se agrega KOH al 10% y se calientan por diez minutos a diez libras de presión en el autoclave.
- C) Inmediatamente se les retira el KOH y se enjuagan con agua destilada.
- D) Se les aplica H_2O_2 al 10% por tres minutos.
- E) Las raíces se enjuagan con agua destilada y son sumergidas en HCl al 10% , agitándose durante tres minutos.
- F) Sin haber enjuagado, se agrega azul de algodón como solución colorante.
- G) Las raíces con la solución colorante son calentadas nuevamente en el autoclave por diez minutos a diez libras de presión.
- H) Finalmente las raíces se cortan y se montan sobre portaobjetos, eliminando el exceso de colorante con lactoglicerol.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura No. 3 Metodología para el clareo y tinción de raíces micorrizadas.

- a) Corte y lavado de raíces;
- b) Colocación en cajas de petri;
- c) Raíces en KOH al 10%;
- d) Se calientan las raíces con el KOH por 10' a 10Lb.;
- e) Se retira el KOH y se enjuagan con agua destilada;
- f) Se agrega H₂O₂ al 10% por 3';
- g) Se decanta el H₂O₂ y se enjuaga;
- h) Se aplica HCl al 10% y se agita por 3';
- i) Se retira el HCl sin enjuagar;
- j) Se agrega el colorante;
- k) Se calientan las raíces por 10' a 10Lb.;
- l) Se retira la solución colorante;
- m) Se añade lactoglicerol.

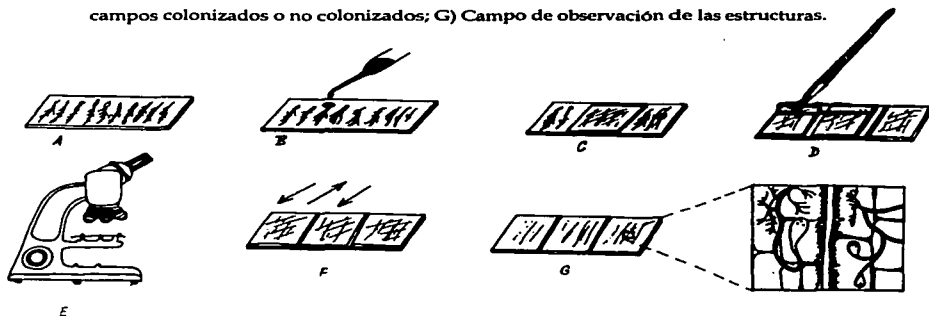


- I) Una vez montadas y acomodadas se colocan los cubreobjetos, evitando la formación de burbujas.
- J) Las preparaciones obtenidas, se sellan con esmalte transparente para poder realizar las observaciones microscópicas así como la evaluación de los campos colonizados.
- K) La estimación del porcentaje de colonización micorrizico de las raíces se realiza recorriendo cada segmento de la raíz en el aumento 40X, contabilizando el total de campos observados.

- L) En cada campo se busca la presencia de cualquiera de las estructuras que presenta la MVA (esporas, hifas, vesículas o arbusculos), dándole el valor de uno a cada estructura presente en el campo, independientemente del estado de intensidad de la micorrización (Contreras y Ferrera-Cerrato, 1969).

Figura No. 4 Procesamiento para la evaluación de las raíces micorrizadas.

- A) Las raíces coloreadas se montan en portaobjetos; B) Se agrega lactoglicerol para clarificar; C) Se colocan los cubreobjetos y se eliminan las burbujas; D) Se retira el exceso de lactoglicerol y se sella con esmalte; E) Observación al microscopio; F) Evaluación de campos colonizados o no colonizados; G) Campo de observación de las estructuras.



Para conocer el porcentaje de infección de cada tratamiento, se empleó la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de colonización} = \frac{\text{No. de observaciones en los campos colonizados}}{\text{No. Total de campos observados}} \times 100$$

8. Altura de la planta.

La altura de la planta se evaluó cada veinte días al igual que el índice micorrízico. Las plantas fueron cosechadas y se midió la parte aérea de estas con la ayuda de una regla.

9. Peso fresco.

El peso fresco se obtuvo durante la última medición de altura e índice micorrízico en donde las plantas fueron cosechadas, puestas en bolsas de papel y pesadas inmediatamente con una báscula digital.

Los resultados fueron analizados mediante el programa Minitab, donde se puede comprobar que los datos son normales y mediante un ANOVA se determina si los resultados son significativos o no, siendo analizados con la prueba de Tuckey o diferencia mínima significativa honesta.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De los resultados obtenidos, el porcentaje de emergencia, la altura de la planta en su primera medición y el peso fresco fueron los únicos que revelaron diferencias significativas, con base en la especie vegetal.

En la altura de la planta en la segunda medición se presentó diferencia significativa respecto a la interacción entre la planta y los tratamientos, todos los demás resultados no demostraron una diferencia significativa según el análisis de varianza (ANOVA), realizado mediante el programa estadístico Minitab.

La diferencia en altura de las plantas varió de acuerdo al desarrollo de estas, presentándose diferencias marcadas entre la primera y la última lectura.

La prueba de correlación entre la altura de la planta y el índice micorrízico, arrojó datos negativos.

1. EMERGENCIA.

El porcentaje promedio de emergencia para la avena fue del 91.04% mientras que el de la veza fue de tan solo un 69.79%, como se muestra en el cuadro No. 4 .

La avena presentó mayor porcentaje de emergencia con el tratamiento micorriza/fertilizante, lo que indica que posiblemente esta especie se ve beneficiada por la micorriza durante la emergencia, ya que para esta fecha el fertilizante aún no se había aplicado, además el porcentaje del tratamiento micorriza también es alto (cuadro No. 4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aparentemente el empleo de la micorriza no tuvo efecto sobre la emergencia de la veza, puesto que los tratamientos micorriza/fertilizante y micorriza obtuvieron porcentajes de emergencia menores que los presentados por el tratamiento fertilizante (cuadro No. 5).

Cuadro No. 4 Porcentaje de emergencia de avena y veza.

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE EMERGENCIA (Avena)	PORCENTAJE DE EMERGENCIA (Veza)
Micorriza	91.87	63.75
Micorriza/ Fertilizante	93.75	72.50
Fertilizante	87.50	73.12
Promedio	91.04	69.79

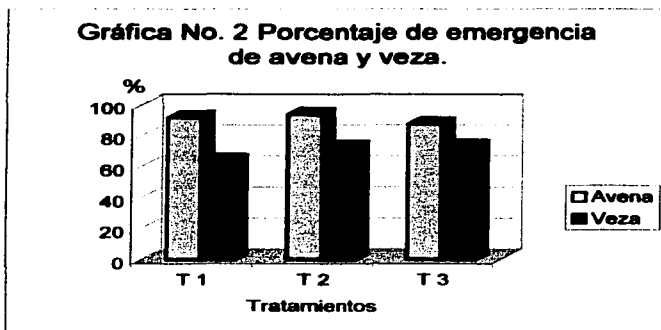
Como se aprecia en el cuadro No. 5 la diferencia significativa sólo se presentó entre las dos especies vegetales, lo que puede indicar que una de estas especies se ve favorecida por el uso de la micorriza; sin embargo, los tratamientos no presentaron tales diferencias.

Cuadro No. 5 Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	2709.38	2709.38	34.99	0.0 *
Tratamiento	2	113.02	56.51	0.73	0.4
Planta x Tmto.	2	189.06	94.53	1.22	0.3
Error	18	1393.75	77.43		
Total	23	4405.21			

P = 0.05%

La gráfica No. 2 nos muestra la diferencia expresada en porcentaje de emergencia tanto para avena como para veza así como las diferencias de porcentaje entre los tres tratamientos, sin que estos resultados sean estadísticamente significativos.

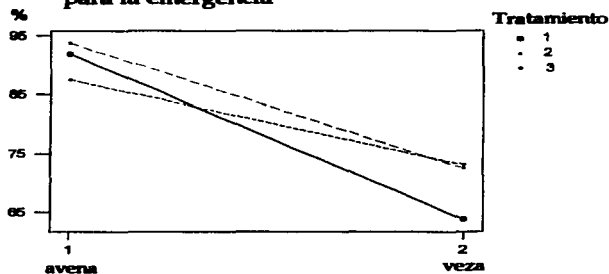


T1= Micorriza, T2= Micorriza/Fertilizante y T3= Fertilizante.

En la gráfica No. 3 es posible apreciar como el tratamiento micorriza/fertilizante, es superior a los otros dos tratamientos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica No. 3. Interacción entre tratamientos para la emergencia



T1= Micorriza, T2= Micorriza/Fertilizante y T3= Fertilizante.

2. ÍNDICE MICORRÍZICO.

En el cuadro No. 6 el índice micorrízico expresado en porcentaje, presenta los mejores resultados para ambas especies durante la primera fecha con el tratamiento micorriza, para la segunda lectura, la avena obtiene mejores resultados con el tratamiento micorriza/fertilizante, mientras que la veza presenta mayor porcentaje en el tratamiento micorriza sola.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No. 6 Índice micorrízico en avena y veza expresado en porcentaje.

TRATAMIENTO	Fecha					
	11-07-02		20-08-02		30-09-02	
	Avena	Veza	Avena	Veza	Avena	Veza
1 Micorriza	77.00	81.94	78.63	47.78	68.49	40.77
2 Micorriza/ Fertilizante	71.09	52.64	64.30	34.15	46.35	37.90

* Promedio x unidades experimentales.

La última medición del índice micorrízico muestra que ambas especies micorrizaron mejor con el tratamiento micorriza, sin embargo y como se muestra en los cuadros de ANOVA, estos datos no presentaron diferencias significativas (Cuadros 7, 8 y 9).

Cuadro No. 7 Análisis de varianza para la primera medición de índice micorrízico.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	15.2	15.2	0.02	0.888
Tratamiento	1	2846.8	2846.8	3.85	0.073
Planta x Tmto.	1	27.5	27.5	0.04	0.850
Error	12	8862.8	738.6		
Total	15	11752.3			

P = 0.05 %

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No. 8 Análisis de varianza para la segunda medición de índice micorrízico.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	1694.6	1694.6	1.74	0.211
Tratamiento	1	66.1	66.1	0.07	0.799
Planta x Tmto.	1	365.6	365.6	0.38	0.551
Error	12	11666.6	972.2		
Total	15	13792.9			

P = 0.05%

Cuadro No. 9 Análisis de varianza para la tercera medición de índice micorrízico.

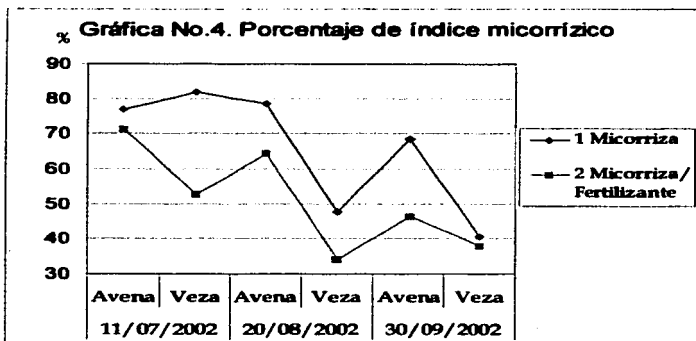
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	604.1	604.1	1.05	0.325
Tratamiento	1	1339.4	1339.4	2.34	0.152
Planta x Tmto.	1	952.2	952.2	1.66	0.222
Error	12	6880.9	573.4		
Total	15	9776.6			

P = 0.05%

En la gráfica No. 4 es posible notar que el tratamiento micorriza, tuvo un porcentaje mayor para ambas especies en la primera medición. Durante la segunda medición la diferencia en porcentajes entre un tratamiento y otro se vuelve muy marcada para ambas plantas, casi del orden del 20%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

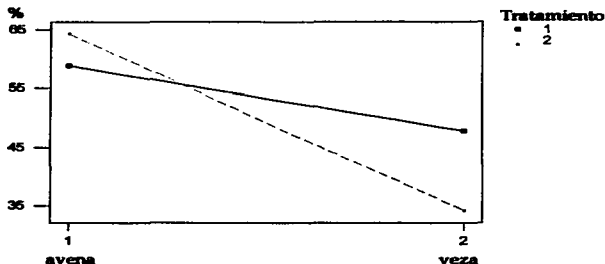
Si se observa la tercera medición, el comportamiento es igual aunque menos marcado que en las lecturas anteriores. Los mejores resultados para el porcentaje de índice micorrízico a lo largo del experimento se obtuvieron del tratamiento micorriza.



En la gráfica No. 5, se observa que si hay interacción entre plantas y tratamientos, lo que señala a la avena como una especie vegetal más susceptible a la micorrización con ambos tratamientos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica No. 5. Interacción entre plantas y tratamientos en la segunda medición del porcentaje del índice micorrízico



T1= Micorriza, T2= Micorriza/Fertilizante y T3= Fertilizante.

3. ALTURA DE LA PLANTA.

El cuadro No. 10 muestra los resultados de las mediciones de altura de las plantas realizadas en tres diferentes fechas. Se puede observar que el tratamiento micorriza/fertilizante, es mejor que el tratamiento micorriza y que este a su vez es mejor que el tratamiento fertilizante, a lo largo de todo el experimento (figura No. 5).

Los tratamientos micorriza y micorriza/fertilizante presentan alturas muy similares para la primera fecha de lectura (gráfica No. 6), mientras que en el tratamiento fertilizante se ve un menor crecimiento. Hasta ese momento tanto el tratamiento micorriza como el micorriza/fertilizante sólo contenían micorriza, y el tratamiento fertilizante aún no era tratado químicamente.

En la segunda medición (cuadro No. 10) hubo un detrimento en las plantas de veza que pudo haber sido ocasionado por daños mecánicos, lo que causó que el promedio de altura para esta lectura disminuyera. Sin embargo las plantas de veza se recuperaron para la tercera lectura. En esta segunda medición el tratamiento que presenta mejores resultados para ambas especies es micorriza pues su crecimiento es más estable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura No. 5 Altura de las plantas por tratamiento.

A) T1 Micorriza.



B) T2 Micorriza/ Fertilizante.



C) T3 Fertilizante



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para la tercera y última medición (cuadro No. 10), nuevamente los mejores resultados son obtenidos con el tratamiento micorriza/fertilizante, seguidos por el tratamiento micorriza.

A pesar de que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para ninguna de las tres mediciones como se muestra en los cuadros 7, 8 y 9 (ANOVA), se puede decir que durante las dos primeras mediciones los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento micorriza/fertilizante y para la tercera medición, los resultados son mejores con el tratamiento micorriza aunque esto sin presentar grandes diferencias respecto al tratamiento micorriza/fertilizante.

Cuadro No. 10 Altura de las plantas de avena y veza.

TRATAMIENTO	Fecha					
	11-07-02		20-08-02		30-09-02	
	Avena	Veza	Avena	Veza	Avena	Veza
1 Micorriza	27.13	26.75	38.15	46.37	65.00	73.00
2 Micorriza/ Fertilizante	26.13	43.00	47.75	32.27	68.00	62.25
3 Fertilizante	23.38	37.13	34.65	50.00	56.00	58.00

* Promedio x unidades experimentales.

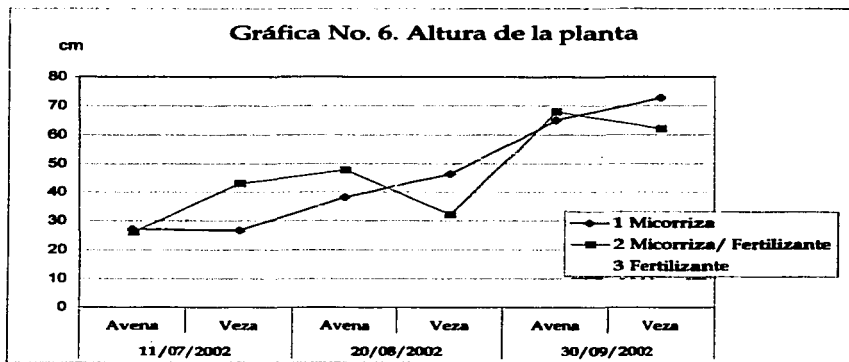
En la gráfica No. 6 es posible notar un mayor crecimiento de la planta de veza en cualquiera de los tratamientos, sin embargo y retomando el objeto del trabajo, cabe aclarar que las especies se evaluaron como asociación y no por si solas, lo que indica que en la primera fecha de medición el mejor tratamiento para la asociación es el segundo (micorriza/ fertilizante).

Si se observa la gráfica No. 6 en la segunda medición, puede pensarse que el mejor tratamiento para ambas plantas es la micorriza, pero no hay que olvidar que durante esta fecha la veza sufrió un detrimento, lo que afecta directamente los resultados y las gráficas

obtenidas de estos datos. En esta fecha el fertilizante ya había sido aplicado y como puede verse la mejoría de la asociación no es evidente.

Para la tercera medición de alturas, los tres tratamientos se encuentran muy cerca unos de otros sin embargo, el tratamiento fertilizante obtiene menores alturas que los otros dos tratamientos (micorriza y micorriza/fertilizante).

Al observar la grafica No. 6 y comparar entre los tratamientos, es sencillo determinar que el tratamiento micorriza/fertilizante es el mejor para esta asociación forrajera, pues aunque con la micorriza se obtienen buenos resultados, la combinación de los dos fertilizantes (tratamiento micorriza/fertilizante), presenta mayor crecimiento.



De los análisis de varianza para las mediciones de altura en las tres fechas, solamente uno de ellos (la segunda medición), presentó diferencias significativas en cuanto a la interacción planta y tratamiento (cuadro No. 12).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No. 11 Análisis de varianza para la primera medición de altura de las plantas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	894.26	894.26	10.84	0.004 *
Tratamiento	2	46.08	23.04	0.28	0.760
Planta x Tmto.	2	69.33	34.67	0.42	0.663
Error	18	1485.31	82.52		
Total	23	2494.99			

P = 0.05%

El ANOVA que se muestra en el cuadro No. 12, demuestra que los mejores tratamientos el micorriza y el micorriza/fertilizante, obtuvieron diferencias significativas entre ellos y con respecto al tratamiento fertilizante.

Cuadro No. 12 Análisis de varianza para la segunda medición de altura de las plantas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	43.74	43.74	0.45	0.511
Tratamiento	2	27.77	13.89	0.14	0.868
Planta x Tmto.	2	1041.76	520.88	5.35	0.015*
Error	18	1753.48	97.42		
Total	23	2866.75			

P = 0.05%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

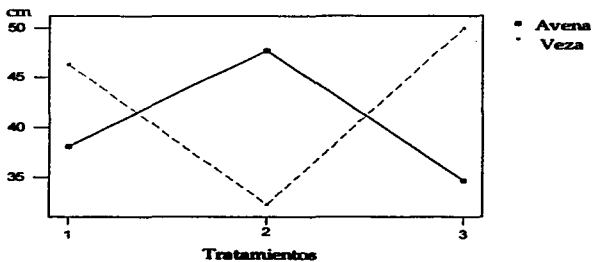
Cuadro No. 13 Análisis de varianza para la tercera medición de altura de las plantas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	12.0	12.0	0.03	0.855
Tratamiento	2	600.1	300.0	0.86	0.440
Planta x Tmto.	2	190.1	95.0	0.27	0.765
Error	18	6284.8	349.2		
Total	23	7087.0			

P = 0.05%

En la gráfica No. 7 la interacción se hace evidente, aquí se aprecia que el punto más alto de la interacción para las dos especies se encuentra entre los tratamientos 1 y 2.

Gráfica No. 7. Interacción entre tratamientos y plantas para la segunda medición de altura.

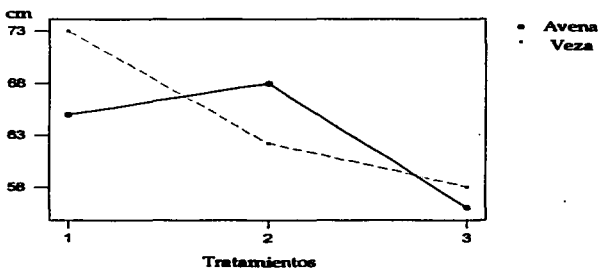


T1= Micorriza, T2= Micorriza/Fertilizante y T3= Fertilizante.

En la última medición de altura de plantas y observando la gráfica No. 8 se puede ver que también existe interacción entre plantas y tratamientos y que el punto más alto se encuentran en los tratamientos micorriza y micorriza/fertilizante tendiendo más a este último.

La interacción entre planta y fertilizante, se presenta en lo más bajo de la gráfica lo que se interpreta como un tratamiento poco recomendable.

Gráfica No. 8. Interacción entre tratamientos y plantas para la tercera medición de altura.



T1= Micorriza, T2= Micorriza /Fertilizante y T3= Fertilizante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. PESO FRESCO.

Como se muestra en el cuadro No. 14 se encontró que los mejores resultados para la asociación forrajera fueron los obtenidos en el tratamiento micorriza/fertilizante y el menos efectivo fue el tratamiento fertilizante, sin que estos datos sean estadísticamente significativos (cuadro No. 15).

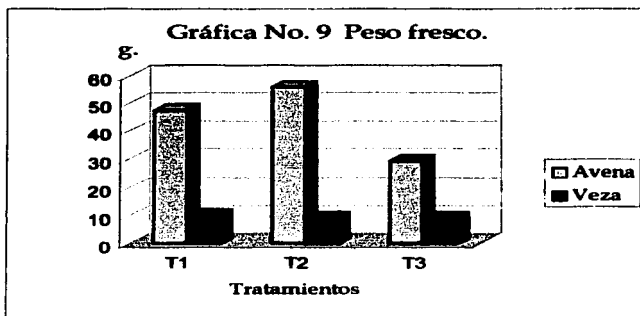
Cuadro No. 14 Peso fresco de avena y veza.

TRATAMIENTO	PESO FRESCO (g)	
	Avena	Veza
1 Micorriza	47.57	10.37
2 Micorriza/ Fertilizante	55.97	9.10
3 Fertilizante	29.42	9.10

* Promedio x unidades experimentales.

En la gráfica No. 9 es sencillo darse cuenta de que el tratamiento que obtuvo el mejor peso fresco fue el tratamiento micorriza/fertilizante, esto es más notorio en las plantas de avena, ya que se cosechó mayor número de estas que de veza debido a la densidad por maceta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



T1= Micorriza, T2= Micorriza / Fertilizante y T3= Fertilizante.

El ANOVA obtenido a partir de los datos de peso fresco (cuadro No.15), muestra que no hubo diferencias significativa entre los tres tratamientos. La única diferencia significativa se presentó entre plantas y como ya se mencionó se debe a las cantidades cosechadas.

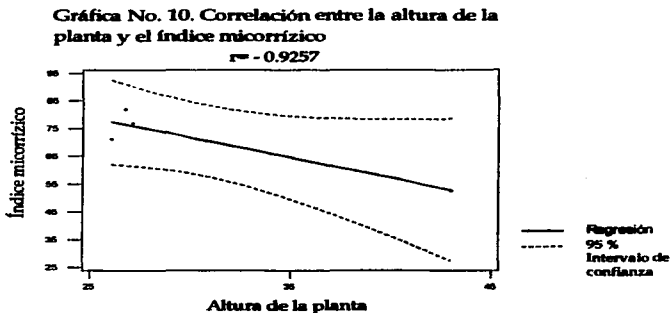
Cuadro No. 15 Análisis de varianza para el peso fresco.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. C.	P
Planta	1	7266.2	7266.2	64.79	0.00 *
Tratamiento	2	755.3	377.7	3.37	0.057
Planta x Tmto	2	722.2	361.1	3.22	0.064
Error	18	2018.7	112.1		
Total	23	10762.4			

P = 0.05%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica No. 10, se puede observar que existe una correlación negativa entre el índice micorrízico y la altura de la planta, lo que quiere decir que a mayor índice micorrízico, existe una menor altura de las plantas.



Comparando los resultados que se obtuvieron de la emergencia para ambas especies, es posible que la micorriza afecte positivamente este proceso en el caso de la avena, no siendo igual el caso de la veza, ya que como cita Lesueur *et al.* (2001), la inoculación con micorrizas estimula este proceso, además Anderson (1992), menciona que en etapas tempranas del desarrollo de una semilla, la tasa de exudados es mayor en las plantas micorrizadas que en las que no presentan micotrofia.

En esta medición, los datos de porcentaje de emergencia son mejores en el tratamiento micorriza/fertilizante, el cual presenta menor índice micorrízico que el tratamiento micorriza, lo cual pone de manifiesto que la efectividad de la micorrización es la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

consecuencia de su interacción con otros microorganismos asociados (Azcón, 2000), además como señala Anderson (1992), moléculas clave en los exudados de la raíz y factores en la superficie de la planta son importantes para la germinación y el crecimiento de las hifas, así como la penetración del hongo.

Anderson (1992), hace referencia de la influencia del hongo sobre el metabolismo de las plantas en las primeras etapas de colonización, aún sin haber tenido un contacto íntimo.

El cuadro No. 8 de ANOVA, así como la gráfica No. 5 de interacciones, demuestran como el tratamiento micorriza/fertilizante presenta los mejores resultados, y esto se mantiene a lo largo de todo el experimento. Además, la gráfica No. 10 muestra que existe una correlación negativa, tal vez como mencionan Guillemín *et al.* (1991) (citados por Carreón *et al.*, 2000), las respuestas con aplicación de MVA pueden ser negativas, sobretodo en la parte aérea, ya que estos endófitos modifican la arquitectura del sistema radicular y el crecimiento de la parte aérea puede detenerse de manera significativa, por lo que se obtienen mejores resultados con la aplicación de micorriza y fertilizante. Anderson (1992) también menciona que la eficacia de los exudados como promotores de crecimiento del hongo, decrece con el envejecimiento de las plantas que se encuentran limitadas por el fósforo, no solo en cuanto altura se refiere, sino también en el peso fresco y no como se esperaba solo con la aplicación de la micorriza.

Azcón (2000) cita que en ensayos con alfalfa, se determinó un crecimiento y nutrición en plantas micorrizadas inferior al obtenido al ser fertilizadas y cultivadas sin limitación hídrica. Entonces puede decirse que los resultados obtenidos en todas las mediciones, que arrojan como mejor tratamiento al micorriza/fertilizante son razonables si se toma en cuenta que las plantas jamás fueron sometidas a estrés hídrico.

Durante la primera medición, no se presentó interacción alguna entre las especies vegetales y los tratamientos de fertilización.

Las interacciones que se presentaron a partir de la segunda medición, marcaron como mejores tratamientos a lo largo del experimento al tratamiento 1 (micorriza) y al tratamiento 2 (micorriza/fertilizante) y basándose en los cuadros de ANOVA los resultados son contundentes.

Una de las ventajas de la producción de la asociación forrajera con la utilización de MVA, es el ahorro biológico que se logra, ya que al aplicar la micorriza se asegura la promoción de agregados que convierten los suelos sueltos en suelos mucho más estables y disminuyen los riesgos por erosión (Linderman, 2000).

Las micorrizas también aseguran un mejor aprovechamiento del fósforo disponible en el suelo, que en la mayoría de las zonas de pastizales es muy pobre (INIPOFOS, 1997).

VI. CONCLUSIONES.

- **Las dos especies vegetales (avena y veza) respondieron de forma diferente a la micorrización, siendo mas susceptible la avena.**
- **El porcentaje de emergencia de avena fue mayor que el de veza con la aplicación de micorriza.**
- **El mayor índice micorrízico se presentó con la micorriza sola.**
- **La mayor altura de la planta así como el peso fresco se obtuvo con la aplicación de micorriza y fertilizante.**
- **La micorrización afectó de manera negativa la altura de la planta.**

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Agrios, G. N. 2002. Fitopatología. 2da. ed. UTEHA. México. P. 528-530.
2. Ames, N. 1987. Mycorrhizasphere morphology and microbiologi. NACOM. Florida, USA.
3. Anderson, J.A. 1992. The influence of the plant root on mycorrhizal formation. Mycorrhizal fuctioning an integrative plant-fungal process. Edited by Allen, F. M. Chapman & Hall. New York. P.37-64.
4. Avalos, L. 1996. Administración holfstica de los recursos naturales. Parte I. FIRA.
5. Azcón, R. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Compilación de: Alarcón, A y R. Ferrera-Cerrato. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. Mundiprensa. México. P. 1-15
6. Bago, B, C. Azcón-Aguilar, Y. Shachar-Hill y P. E. Pfefffer. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Compilación de: Alarcón, A y R. Ferrera-Cerrato. El micelio interno de la micorriza arbuscular como puente simbiótico entre la raíz y su entorno. Mundiprensa. México. P. 78-92.
7. Bentivenga, S. and J. Morton. 2000. Mycorrhizae and plant health. Edited by Pflieger, F; R, Linderman. Systematics of Glomalean endomycorrhizal fungi : Current views and future directions. APS press, Minnesota, E.U.A. P. 283-308.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8. Carreón, Y, L. Ballesteros, R. Salgado y A. Alarcón. 2000. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de zarzamora (*Rubus sp.*) micropropagadas. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundiprensa. México. P. 141-148.
9. Contreras, D. 1989. Aplicación y ecología de los hongos endomicorrízicos V-A en la producción agrícola. Colegio de posgraduados. Edo. Méx. P. 22-57.
10. Contreras, J y R. Ferrera. 1989. Manual de métodos para la investigación y aplicación de los hongos endomicorrízicos en laboratorio y campo. Colegio de posgraduados. Edo. Méx. P. 133-175.
11. Cooper, K. 1984. Physiology of VA mycorrhizal associations. CRC press. Boca Ratón, USA. P. 45-66.
12. Cubero, J. 1983. Leguminosas de grano. Mundiprensa. Madrid, España. P. 15-34.
13. Davidson, R. 1992. Plagas de insectos agrícolas y del jardín. Limusa. México. P. 189-250 y 285.
14. De Linán, C. 1998. Entomología agroforestal: insectos que dañan montes, cultivos y jardines. Agrotecnias. España. P. 439.
15. Dunthil, J. 1990. Producción de forrajes. 4ta. ed. Mundiprensa. Madrid, España. P. 15-84.
16. Espinosa-Victoria, D. 2000. Diálogo molecular: hongo micorrízico arbuscular-raíz. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundiprensa. México. P. 93-116.

17. Ferguson, J. J y Woodhead, S.H. 1982. Production of endomycorrhizal inoculum. In: Increase and maintenance of vesicular arbuscular micorrizal research. Ed Schenck, N. C. The phytopathological Society. Minesota, USA. P. 244.
18. Ferrera-Cerrato, R. 1989. Rizósfera. Colegio de posgraduados. Edo. Méx. P. 1-21.
19. Ferrera-Cerrato, R. 1993. Manual de agromicrobiología. Trillas. México. P. 53-54 y 108.
20. Finlay, R and B. Söderström. 1992. Mycorrhiza and carbon flow to the soil. Mycorrhizal functioning an integrative plant-fungal process. Edited by Allen, F.M. Chapman & Hall. New York. P. 134-162.
21. Guerrero, A. 1999. Cultivos herbáceos extensivos. 6ta. ed. Mundiprensa. Madrid, España. P. 191-196 y 675-693.
22. González, C. 1989. Ecología de la raíz. Principios de taxonomía de la endomicorriza v-. Colegio de posgraduados. Edo. Méx. P. 57-84.
23. González, C; R. Ferrera-Cerrato y J. Pérez. 1998. Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. Colegio de posgraduados. Edo. Méx. P.1-10.
24. Hughes, H, E. Heath y S. Metcalfe. 1996. Forrajes. 3ra. ed. CECSA. México. P. 89-373.
25. INIPOFOS. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash and phosphate institute. Georgia, USA. P.
26. Kormanik, P. P., W. C. Bryan, y R. C. Schultz. 1980. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root for endomycorrhizal assay. Can. J. Microbiol. 26 : 536-538.

27. Latorre, B. 1995. Enfermedades de las plantas cultivadas. 4ta. ed. Universidad Católica de Chile. Chile. P. 56-60.
28. Lesueur, D., K. Ingleby, D. Odee, J. Chamberlain, J. Wilson, T. Tiki Manga, J.M. Sarrailh y A. Pottinger. 2001. Improvement of forage production in *Calliandra calothyrsus*: methodology for the identification of an effective inoculum containing *Rhizobium* strains and arbuscular mycorrhizal isolates. *Journal of biotechnology*. ELSEVIER. P. 269-282.
29. Linderman, R. 2000. Role of VAM fungi in biocontrol. In. *Mycorrhizae and plant health*. APS Press. Oregon, USA. P. 1-25.
30. López, L. 1991. Cultivos herbáceos vol. 1 Cereales. Mundiprensa. Madrid, España.
31. Manjarrez, M. J, A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. 2000. Biotecnología de la producción de inóculo micorrízico arbuscular y su control de calidad. *Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Mundiprensa. México. P. 239-250.
32. Marschener, H. 1992. Nutrient dynamics at the soil-root interfase (rhizosphere). *Micorrizas in ecosystems*. Edited by Read, D. J., D.H. Lewis, A.H. Fitter and I.J. Alexander. CAB international. P. 3-12.
33. Marschener, H. 1998. Role of root growth, arbuscular micorriza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Elsevier. Germany. P.3-13.
34. Marx, D. 1993. *Mycorrhizae and feeder root diseases in ectomycorrhizae*. Academic Press. New York, USA.

35. Miller, R & D. Jastrow. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. The role of micorrizal fungi in soil conservation. ASA. Wisconsin, USA. P. 29-44.
36. Muslera, E. 1984. Praderas y forrajes. Mundiprensa. Madrid, España. P. 29-55.
37. Ortuño, I, M. R. Palomino y G. Pedraza. 1992. Respuesta del chile inoculado con dos especies de endomicorrizas vesículo arbusculares al ataque de *Fusarium oxysporum* Sch. y *Rhizoctonia solani* Khun. durante el trasplante, bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. F.E.S.C. U.N.A.M. P. 38-54.
38. Osca, J. M. 2001. Cultivos herbáceos extensivos "cereales". Universidad Politécnica de Valencia. España. P. 7-122.
39. Robles, R. 1982. Producción de granos y forrajes. Limusa. México.
40. Rzedowski, G y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2da .ed. CONABIO, Instituto Nacional de Ecología, A.C. México. P.66 y 413-415.
41. Sánchez- Díaz, M., M. Pardo, M. Antolín, J. Peña and J. Aguirreolea. 1990. Effect of water stress on photosynthetic activity in the Medicago- Rhizobium-Glomus symbiosis. Plant Science 71: 215-221.
42. SIEA. 2003. SAGARPA. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/inter.html>
43. SNICS. 2003. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/users/snics>
44. Sylvia, M. D. 2000. Overview of mycorrhizal symbioses. IFAS.UFL. <http://dmsylvia.ifas.ufl.edu/mycorrhiza.htm>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

45. Terranova enciclopedia agropecuaria. 1995. Terranova editores. Bogotá, Colombia. P. 103 y 128.
46. Voisin, A. 1994. Productividad de la hierba. 2da. ed. Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. P. 7-10.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A N E X O S.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

ANOVA: Altura 3 versus tratamiento.

Análisis de varianza para la tercera lectura de altura.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P
Tmto	2	600	300	0.97	0.395
Error	21	6487	309		
Total	23	7087			

Intervalos de confianza al 95% basados en la desv. Est.

Nivel	N	%	DesEst	-----+-----			
1	8	69.00	16.54	(------)			
2	8	65.13	22.12	(------)			
3	8	57.00	12.60	(------)			
Des.Est error =			17.58	48	60	72	84

Comparación en pares para la prueba de Tukey.

ANOVA: Altura 3 versus planta.

Análisis de varianza para la tercera lectura de altura.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P
Planta	1	12	12	0.04	0.848
Error	22	7075	322		
Total	23	7087			

Intervalos de confianza al 95% basados en la desv. Est.

Nivel	N	%	DesEst	-----+-----			
1	12	63.00	9.40	(------)			
2	12	64.42	23.55	(------)			
Des.Est error =			17.93	56.0	63.0	70.0	77.0

Comparación en pares para la prueba de Tukey.

ANOVA: Peso fresco versus planta.

Análisis de varianza para el peso fresco.

Fuente	G.L	SC	CM	F	P
Planta	1	7266	7266	45.72	0.000
Error	22	3496	159		
Total	23	10762			

Intervalos de confianza al 95% basados en la desv. Est.

Nivel	N	%	DesEst	-----+-----		
1	12	44.33	17.78	(------)		
2	12	9.52	1.37	(------)		
Des.Est error =			12.61	15	30	45

Comparación en pares para la prueba de Tukey.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

