

57  
2eje.



**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

**Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLAN**



**“Efecto de la micorriza *Glomus fasciculatum* para la mejor adaptación de la Planta de chile serrano variedad tampiqueña (*Capsicum annum* L. variedad *acuminatum*), en suelos salinos del Municipio de Zumpango, bajo condiciones de invernadero.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO AGRICOLA**  
**P R E S E N T A**  
**ANTONIO SOROA CERECERO**

**Asesor: M. C. OTILIO ARTURO ACEVEDO SANDOVAL**

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN N. A. M.  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

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

"Efecto de la micorriza Glomus fasciculatum para la mejor adaptación de la planta de chile serrano variedad tampiqueña (Capsicum annuum L. variedad acuminatum), en suelos salinos del Municipio de Zumpango, bajo condiciones de invernadero,  
que presenta el pasante: Antonio Soreo Cerencero  
con número de cuenta: 8417437-7 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Diciembre de 1993

PRESIDENTE	M.C. Ma. del Yasmín Cuervo Usan	
VOCAL	Ing. Raúl Espinoza Sánchez	
SECRETARIO	M.C. Otilio Arturo Acevedo Sandoval	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Guillermo Basante Butrón	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Angel López Cortés	

## **GRACIAS**

**A "Mary", por contar siempre con su amor y guiarme siempre por el camino correcto, haciendo de mí un hombre de provecho.**

**A mi padre, por apoyarme durante toda mi vida.**

**A mis hermanos, Sergio, Mónica y Mariana, por su apoyo y ayuda.**

**A mi abuelita, tíos y primos que en realidad me aprecian.**

**Al M.C. Otilio Arturo Acevedo Sandoval y a la M.C. Yazmín Cuervo Usan por su colaboración y ayuda, para la realización de este trabajo.**

**Al Ing. Felipe Solís Torres por su amistad.**

**A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por conocer aquí la verdadera amistad de mis compañeros: Fortino, Ramón, Juan Carlos, Víctor, Enrique, José Manuel, Alfredo, Roberto, Trini, Fernando, Noe y en general a la décimo segunda generación.**

**A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y principalmente por su amistad y cariño.**

**A "Memo" por ser un ejemplo a seguir.**

**A mis amigos: Roberto, Martín, Idefonso, Federico, Ramón, Ricardo y Carlos, por todos los momentos en los que hemos pasado juntos.**

**Antonio Soroa Cerecero**

## INDICE

---

<b>I Resumen</b>	<b>4</b>
<b>II Introducción</b>	<b>6</b>
<b>III Revisión bibliográfica</b>	<b>8</b>
<b>1 Descripción botánica del chile</b>	<b>8</b>
1.1 Origen e importancia	8
1.2 Ubicación taxonómica	9
1.3 Descripción morfológica de la planta	9
1.4 Requerimientos edafoclimáticos	10
1.5 Variedades cultivadas en México	10
1.6 Producción comercial	11
1.6.1 Labores de cultivo	11
<b>2 Rizosfera</b>	<b>12</b>
2.1 Definición	12
2.2 Efecto de los microorganismos en el crecimiento y nutrición vegetal	13
2.3 Interacciones microbio-microbio	14
<b>3 Micorrizosfera</b>	<b>15</b>
3.1 Definición	15
<b>4 Micorrizas</b>	<b>15</b>
4.1 Definición e historia	15
4.2 Función	16
4.3 Clasificación	17
4.3.1 Ectomicorrizas	18
4.3.2 Ectoendomicorrizas	18
4.3.3 Endomicorrizas	18
4.3.3.1 Micorriza vesículo-arbúscular	19
4.3.3.2 Historia	19
4.3.3.3 Ubicación taxonómica de la micorriza	20
4.3.3.4 Fisiología	21
4.3.3.5 Ecología	23
4.3.3.5.1 Efecto de la micorriza con fertilizantes	24

4.3.3.5.2 Efecto del pH	25
4.3.3.5.3 Efecto de la humedad	26
4.3.3.5.4 Efecto de la temperatura	26
4.3.3.5.5 Efecto de la luz	27
4.3.3.5.6 Colonización	27
5 Adaptación de la micorriza vesículo-arbúscular a factores edáficos	29
6 Papel de la micorriza en suelos salinos	29
7 Fisiología de las plantas resistentes a la salinidad	31
7.1 Tóxicidad de suelos	31
7.2 Efecto de las sales solubles sobre el crecimiento de las plantas	34
7.3 Tolerancia relativa a sales	36
7.4 Productividad bajo régimen salino	39
IV Metodología	41
4.1 Metodología	41
4.2 Descripción de la zona	42
4.3 Diseño experimental	42
V Resultados	44
VI Conclusiones	55
VII Bibliografía	56
VIII Anexo	60
8.1 Anexo No 1 Resultado de análisis de suelo	60
8.2 Anexo No 2 Cuadros	
Cuadro No. 1 "Tolerancia a sales en frutales"	37
Cuadro No. 2 "Tolerancia a sales en hortalizas"	38
Cuadro No. 3 "Tolerancia a sales en plantas forrajeras"	38
Cuadro No. 4 "Tolerancia a sales en cultivos comunes"	39
Cuadro No. 5 "Relación potencial osmótico, cosecha"	40
Cuadro No. 6 "Tratamientos"	43
Cuadro No. 7 "Resultados por tratamientos"	44
Cuadro No. 8 "Matriz de correlaciones"	48
Cuadro No. 9 "Análisis de varianza altura de planta"	51
Cuadro No. 10 "Análisis de varianza peso fresco"	51
Cuadro No. 11 "Análisis de varianza peso seco"	52
Cuadro No. 12 "Análisis de varianza desplazamiento de raíz"	52
Cuadro No. 13 "Análisis de varianza sobrevivencia"	53
Cuadro No. 14 "Análisis de varianza infección micorrizica"	53

Cuadro No. 15 "Análisis de varianza fósforo total"	53
Cuadro No. 16 "Resultado de análisis de suelo"	60
Cuadro No. 17 "Porcentaje de infección micorrizica"	61
Cuadro No. 18 "Porcentaje de sobrevivencia"	61
Cuadro No. 19 "Porcentaje de fósforo"	62
Cuadro No. 20 "Altura de planta"	62
<b>8.3 Anexo No. 3 Gráficas</b>	
Gráfica No. 1 "Porcentaje de infección micorrizica"	63
Gráfica No. 2 "Porcentaje de sobrevivencia"	64
Gráfica No. 3 "Porcentaje de fósforo total"	65
Gráfica No. 4 "Altura de planta"	66
Gráfica No. 5 "Peso fresco del follaje"	67
Gráfica No. 6 "Peso seco del follaje"	68
Gráfica No. 7 "Desplazamiento de raíz"	69



## RESUMEN

---

Los problemas de salinidad se presentan cada vez con mayor frecuencia en la República Mexicana, debido a los malos sistemas de riego, provocando que el manto freático se encuentre más cerca de la superficie, provocando esto la acumulación de sales en las partes arables. La producción en estas zonas es casi nula, ya que pocos son los cultivos que se adaptan a las condiciones presentes en dichos lugares.

El presente trabajo pretende proporcionar una alternativa, para poder incorporar a la producción tierras que están ociosas, siendo que estas zonas cada vez se extienden más en el territorio nacional.

Para demostrar la eficacia de las micorrizas, se seleccionó un suelo cuyas características no fueran favorables para la buena adaptación de las plantas, en este caso se seleccionaron las plantas de Chile.

Una de las limitantes para la utilización de los hongos micorrízicos es su reproducción, ya que se tienen que asociar con un cultivo que presente mucho desarrollo radicular y poco desarrollo foliar, en este caso se seleccionó el pasto Rhodes, ya que estos hongos micorrízicos no se desarrollan en medios de cultivo sintéticos como cualquier otro hongo. Para dicha obtención del hongo micorrízico, el inóculo fue donado por el Instituto de Biología, y posteriormente se asoció con el pasto Rhodes.

Obtenido el hongo micorrízico, se inoculó a la planta, este hongo penetra y se aloja en la raíz de la planta de Chile, evitando así la penetración de cualquier otro hongo patógeno nativo del suelo, ya que ocupa un espacio físico, y no hay más lugar en el interior de la raíz.

El hongo absorbe la poca agua que está presente en el suelo, al absorber el agua lo hace junto con los diferentes nutrientes que se encuentran en el suelo. La planta por sí sola no puede lograrlo ya que los nutrientes están en forma inmóvil, y es necesario que la micorriza esté presente para que esto suceda.

Cuando en un cultivo se presentan problemas de salinidad, el agua que se encuentra en el suelo, no puede ser absorbida por la raíz de la planta, y esto es debido a que las sales aumentan el potencial asmótico de la solución del suelo, por lo tanto el potencial osmótico de la

raíz es menor, y para que haya una absorción o traspaso de líquido el potencial osmótico del exterior debe de ser menor al potencial osmótico del interior, en este caso las micorrizas ayudan a balancear los potenciales osmóticos para que se presente una mejor absorción de agua evitando así el marchitamiento de la planta.

La utilización de la micorriza Glomus fasciculatum ayuda a tener mayores rendimientos tanto para el desarrollo del follaje, altura de planta, porcentaje de infección y principalmente ayuda a evitar la muerte de las plantas por marchitamiento.

Como se puede apreciar es factible la utilización de la micorriza para mejorar la producción, y es una alternativa real de utilización, para el beneficio del productor.

En el trabajo que nos ocupó en esta ocasión se tuvieron resultados satisfactorios ya que los tratamientos a los que se les inoculó el hongo micorrízico presentaron mejor respuesta en cuanto a adaptación a las condiciones salinas del suelo.

Los tratamientos con inoculación del hongo micorrízico presentaron mejor desarrollo, en comparación a los que no se les inoculó, siendo estos el T6 y T8. (ver gráficas 1, 2, 3, 4, 5 en anexo 3).

## INTRODUCCION

---

El cultivo de hortalizas en México, abarca aproximadamente el 35% del territorio cultivable. Cabe mencionar que el consumo de las hortalizas en general va en aumento desde 1925 a 1991.

Las hortalizas que ocupan los primeros lugares en consumo en México son: jitomate, papa, chile, cebolla, sandía y melón, siendo el consumo en general mayor de 5 Kg per capita / habitante, esto nos sirve para darnos una idea de la importancia que presentan, por lo que es necesario una producción adecuada para satisfacer las necesidades de la población.

Desgraciadamente este grupo de hortalizas, es muy susceptible a plagas y enfermedades, lo que ocasiona un descenso en la producción hasta de un 40 y 50%, también presentan susceptibilidad al suelo donde se producen, ya que la producción disminuye si este no encuentra las características adecuadas para un desarrollo óptimo.

En cuanto al factor suelo, el principal problema para el establecimiento de las hortalizas es la presencia de suelos salinos, para el cultivo del chile, la producción en estos suelos es muy baja, al igual que las demás hortalizas, para mejorar estas condiciones se trata de introducir la micorriza para ayudar a soportar las condiciones adversas tales como ataque de hongos patógenos y las características de un suelo con bajo contenido de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y alto contenido de calcio y sodio.

Para el establecimiento de las micorrizas los microorganismos del suelo juegan un papel muy importante, teniendo que una de las simbiosis más trascendentales de la naturaleza, es la que se lleva a cabo entre las plantas y cierto tipo de hongos.

Se menciona cierto tipo porque no todos los hongos son benéficos para las plantas, la mayoría ocasionan daños a nivel de raíz, tallo, flores, frutos. Otros tipos de hongos no ocasionan ningún daño, como los denominados micorrizas.

A pesar de su gran importancia agrícola, se llevan a cabo pocos estudios en comparación con la relevancia que presentan, ya que tienen un potencial bastante alto para la explotación agrícola, trayendo como consecuencia mayor resistencia a enfermedades del

suelo, estrés hídrico etc., dando una sanidad a la planta, favoreciendo de esta forma a una producción óptima.

La utilización de micorrizas en los diferentes cultivos trae beneficios como: absorción por la planta de los diferentes minerales que se encuentran en el suelo de forma insoluble, tales como fósforo, cobre, zinc, estroncio, potasio, y se ha comprobado que ayuda a incrementar la fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas.

La utilización de las micorrizas contribuye a una menor dependencia del cultivo a los fertilizantes, además le da resistencia a la planta contra ataques de diferentes hongos patógenos, incluso proporciona resistencia a la planta contra algunos insectos.

Los hongos micorrízicos ayudan a controlar el deterioro del suelo, ya que con su utilización se emplearan menos cantidades de fertilizantes insecticidas fungicidas etc.

En la actualidad se sabe que no presentan limitaciones serias con respecto al factor clima, ya que se han encontrado en forma nativa y además se pueden establecer en zona áridas, templadas y frías. Por su adaptabilidad se pueden utilizar para el establecimiento de cultivos agrícolas, hortícolas, frutícolas, ornamentales y forestales.

La principal limitante para el óptimo desarrollo y aprovechamiento, es la reproducción del hongo, ya que este no se puede reproducir en medios de cultivo sintéticos, si no que tiene que estar asociado con una planta hospedera.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente el objetivo del presente trabajo de investigación es el siguiente:

Determinar cual es la capacidad de adaptación de la planta de chile serrano con la micorriza vesículo-arbúscular Glomus fasciculatum, en un suelo salino, bajo condiciones de invernadero.

### III REVISION BIBLIOGRAFICA

---

#### 1.- DESCRIPCION BOTANICA DEL CHILE

##### 1.1 Origen e Importancia

De México al norte de Costa Rica se utiliza en nombre de chile, en Europa (España) se utiliza el término de pimienta, Argentina, Chile y Uruguay igualmente. En Sudamérica se le denomina Aji.

El chile es de origen Americano, y la mayoría de las especies es de origen Mexicano. Se dice que la primera planta domesticada en México fue el chile. 5000 años antes de nuestra era fue el origen del chile.

En 1850 se hizo la primera clasificación del chile a nivel mundial siendo 10 tipos, en la actualidad son más de 100.

El chile constituye el elemento básico en la dieta popular. El consumo de chile fresco en México es de alrededor de 8.8 kg / ha. al año, es un aportador de nutrientes a la dieta popular de primera magnitud, (síntesis hortícola pag. 23 y Gomez et al, 1991).

Se cultiva en 24 Estados de la República Mexicana, destacando tanto en superficie como en producción: Sinaloa, Zacatecas, Chihuahua, Nayarit, San Luis Potosí, Veracruz, Guanajuato; y sobresaliendo las variedades de chile jalapeño, serrano y ancho, por la superficie cultivada (Mora, 1991 y anónimo, 1990).

En general la producción de chiles verdes ha observado un crecimiento en cuanto a la superficie cosechada se refiere, al pasar en 1979 de 57 909 has. a 64 000 has en 1988 y en 1992 incrementándose a 66 368 has. (Anónimo, 1990 e INEGI-CONAL, 1992).

El interés de producir este tipo de chiles va en aumento (en términos generales se siembran en promedio 5 000 has. de serrano, a partir de la temporada 1990). Particularmente la explotación de chile jalapeño paso de 6 093 ton. en 1984-1985 a 17 166 ton.

en 1988-1990, participando con el 41.3% del total de chiles picosos exportados (Anónimo, 1990).

Posee una gran diversidad de usos, es materia prima en la industria para la elaboración de carnes frías. En alimentos balanceados para aves, para aumentar el color de la yema, en la industria del cosmético para resaltar los tonos, como producto insecticida, es uno de los más efectivos, además como condimento principal de la comida Mexicana, utilizado para la elaboración de salsas y guisos etc.

## 1.2 Ubicación Taxonómica

Reino.....Vegetal  
División.....Fanerogamas  
Subdivisión...Angiospermae  
Clase.....Dicotiledonae  
Familia.....Solanaceae  
Género.....Capsicum  
Especie.....annum  
(Murillo, 1987)

## 1.3 Descripción morfológica de la planta

Es una planta herbácea, semiarbustiva, algunas veces leñosa en la base erecta ramificada, la raíz principal es fuerte, se desarrolla profundamente, las raíces laterales son de mayor tamaño, presenta tallos erguidos, alcanzando alturas de 60 a 150 cm. La ramificación puede ser alargada o compacta. En chiles pequeños existen alturas de 120 cm. en la ramificación, en pláquin rebasa los 2 m. igual que en el de árbol por lo de su nombre.

Capsicum annum tiene hojas verdes esmeraldas, presenta flores blancas amarillentas.

Existe gran diversidad de frutos, los hay cónicos, cilíndricos, alargados, ovoides, cuadrados, redondos. El número de loculos va de 2 a 4. Los chiles grandes tienen 3 y 4 loculos

y los pequeños 2 a 3 loculos. La substancia capsicina está más concentrada en la placenta o venas. Existe en la pared del fruto igual concentración, en la cubierta o cascara también. La capsantina es un alcaloide que da la coloración roja, cuando se disuelve en grasa es más manifiesta su presencia. Las semillas son en forma de riñon aplastadas de color amarillento cremoso, no presenta bellosidades en la superficie. (Murillo, 1990).

#### 1.4 Requerimientos edafoclimaticos.

La temperatura óptima para un buen desarrollo es de 18 a 32°C. Cuando es por debajo de 18°C el ciclo vegetativo se alarga y menor a 12°C la planta detiene su desarrollo; mayor a 32°C en la floración el polen se deshidrata y la polinización es insuficiente y se tienen frutos deformes.

En cuanto a intensidad lumínica y fotoperíodo es muy exigente, es de día corto pero otros dicen que es de fotoperíodo neutro. (Murillo, 1990).

En cuanto a riego es muy exigente, requiere aproximadamente de 10 a 12 riegos ya que las hojas planas y el sistema de raíces menos profundo y desarrollado, por los que no adquiere fácilmente el agua. La pierde con gran facilidad por las hojas.

Los frutos en fresco se cultivan en suelos con textura arcillosa, por que retienen más fácilmente el agua. Para chiles secos se cultivan en suelos con textura ligera, aquí los frutos son menos succulentos, se secan más fácilmente.

Requiere de pH ligeramente ácido, no soporta pH alcalino (superiores a 7 ).

En cuanto a fertilización, es muy exigente en fosfato y potasa, otros dicen que nitrógeno. Para consumo en fresco es con nitrógeno más elevado y para secos el nitrógeno e más bajo, ya que el nitrógeno da la succulencia y la cantidad de agua en los frutos.

#### 1.5 Variedades cultivadas en México.

Chile Jalapeño  
Chile Serrano

Chile Poblano  
Chile Mirasol o Guajillo  
Chile Anahelm  
Chile de exportación (chile dulce)

## 1.6 Producción comercial.

Para el establecimiento de almácigos, son de tipo tradicionales y solo son mejorados para chile de exportación. El chile emite pocas raíces adventicias por los que cuando tenga de 12 a 15 cm. y 3 a 4 hojas verdaderas es el momento indicado para hacerse el trasplante.

La preparación del terreno es rastreo, barbecho, nivelación y surcado. El surcado depende de la planta. Para chiles de desarrollo compacto el surcado es a 90 cm. Las de poco desarrollo como el mulato el surcado es a 90-92cm. Para los de gran desarrollo el surcado es a 120 cm. La distancia para el trasplante depende del desarrollo de la planta, pocos desarrollados es de 15 a 25 cm., para chiles desarrollados de 40 a 50 cm. (Murillo, 1990)

En el trasplante o siembra directa se dá la fertilización la cual varía en cada región por ejemplo, en Noreste 300 kg. de Nitrógeno, 200 - 250 de fósforo y de potasio. En el Bajío 150, 80 y 250 NPK respectivamente. La aplicación de nitrógeno es en el momento de la siembra o trasplante y la otra mitad es en el momento de la floración.

### 1.6.1 Labores de cultivo.

Las escardas se hacen a partir de los primeros 30 días de establecido el cultivo, se realizan 2 o 3 deshierbes en las primeras etapas de desarrollo de la planta para evitar que compita con malezas (Murillo, 1990).



## 2.- RIZOSFERA

### 2.1 Definición

Las poblaciones de microorganismos del suelo se encuentran en una especie de equilibrio inestable. Si el suelo se mantiene sin cambio y bajo condiciones climáticas constantes, el equilibrio apenas se altera, máxime si se tiene en cuenta la escasez de fuentes de energía.

Cuando se introducen plantas en el sistema, la situación de los microbios del suelo cambia drásticamente, ya que las plantas son las principales suministradoras de sustratos energéticos al suelo, por lo tanto los microorganismos aprovechan esos sustratos que se encuentran en la zona próxima a la raíz y proliferan en ella.

En 1904, Hiltner, introdujo el término rizósfera para describir la parte del suelo en la cual las raíces inducen la proliferación de microorganismos. Las actividades metabólicas de tales poblaciones estimuladas tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo en la rizósfera, son de vital importancia para el desarrollo de las plantas.

La rizósfera no es una región bien definida y homogénea sino que existe un gradiente de estimulación de microorganismos desde la propia superficie de la raíz hasta 1 ó 2 mm donde el efecto ya es mínimo. De acuerdo con varios autores (Darbyshire y Greaves, 1973; Mosse, 1975; Dommergues, 1978; Balandreau y Knowles, 1978) la rizósfera se puede subdividir en las siguientes zonas:

a) Rizósfera externa, comprende la región del suelo que rodea la raíz y que contiene poblaciones estimuladas de microorganismos.

b) Rizóplana, está constituida por la superficie de la raíz y los microorganismos que viven en ella.

c) Endorizósfera, está formada por el tejido cortical de la raíz invadido y colonizado por microorganismos saprofitos y simbióticos.

Se sabe que no existe una diferenciación neta entre cada una de estas zonas.

## 2.2 Efecto de microorganismos en el crecimiento y nutrición vegetal.

Los principales mecanismos mediante los cuales los microorganismos alteran la disponibilidad de nutrientes de las plantas son:

- a) producción de ácidos orgánicos quelantes.
- b) producción de enzimas que llevan a cabo reacciones específicas en el suelo.
- c) modificaciones en las propiedades físico-químicas del suelo, tales como pH.

Una de las propiedades importantes que produce el efecto de rizósfera es el de la gran variedad de tipos de sustancias orgánicas que se encuentran disponibles en el lugar.

Con respecto a la producción de sustancias fitoactivas por microorganismos hay que destacar de un lado, los reguladores de crecimiento vegetal fitohormonas: auxinas, giberelinas, citoquininas, étileno y ácido abscísico, así como vitaminas, aminoácidos, enzimas etc. y del otro lado las sustancias fitotóxicas.

Es de interés, así mismo recordar el papel de los microorganismos, en el proceso de humificación, o descomposición de la materia orgánica, proceso fundamental para la preservación de la fertilidad del suelo.

Intervienen en la formación y estabilización de agregados de partículas de suelo, lo cual es clave en el mantenimiento de una estructura adecuada para el desarrollo de las plantas (Lynch et al, 1979).

Otra de las propiedades importantes que produce el efecto de rizósfera es la gran variedad de tipos de sustancias orgánicas que se encuentran disponibles en el lugar, que directa o indirectamente tiene influencia positiva o negativa sobre los microorganismos que ahí habitan.

Los tipos de exudados que frecuentemente se encuentran son, carbohidratos (glucosa, pectosa, sacarosa etc.). Factores de crecimiento (biotina, tiamina, factor M, piridoxina), ácidos orgánicos (tartárico, oxálico, cítrico, mólico), etc.

Se encuentran además, otros compuestos importantes como son los nucleótidos y enzimas, así como otros elementos importantes para la actividad microbiana de la rizósfera como son, Adenina, Guanina, Uracilo, Citocina, Fosfatasa, Amilasa (Ferrera, 1987).

### 2.3 Interacciones microbio-microbio

Las interacciones entre microorganismos del suelo extremadamente complejas y los conocimientos actuales sobre el tema no permiten enunciar los grandes principios que rigen el equilibrio biológico del suelo. En la rizósfera los fenómenos de sinergia y antagonismo entre poblaciones microbianas son particularmente internos, siendo el estudio de tales interacciones de sumo interés en la ecología de la rizósfera.

La terminología utilizada para definir tales interacciones es a veces confusa, pero la más comúnmente aceptada es la propuesta de Odum (1985). Brevemente se comentan los distintos tipos de interacciones,

**Comensalismo:** En una reacción de este tipo el crecimiento de una especie está estimulada por la presencia de otra que presumiblemente no se afecta por ello. Ejemplo, el caso de una bacteria que baja el potencial redox de un ambiente, mediante consumo de oxígeno y permiten por ello que se establezcan poblaciones anaerobias.

**Protocooperación:** Relación casual y no obligatoria para ninguno de los miembros, pero mediante la que ambos se benefician. Un ejemplo típico es la alimentación cruzada entre microorganismos auxótrofos. Es positiva.

**Neutralismo:** Es la interacción que tiene lugar entre poblaciones distintas que no se afectan entre sí ni positiva ni negativamente.

**Mutualismo:** Es la interacción que se tiene lugar entre dos o más especies que viven juntas por el beneficio de ambos y que normalmente tienen las características de obligatoriedad y especificidad. Es positiva.

**Competición:** Es una lucha inesperada entre dos o más especies por conseguir algún elemento esencial para su supervivencia. Es negativa.

**Amensalismo:** Es una interrelación negativa en la que una especie afecta adversamente el crecimiento de la otra por su capacidad de excretar productos inhibidores de su desarrollo.

**Predación y parasitismo:** Ataque de un microorganismo a otro con fines nutricionales. En la predación el atacante es de mayor tamaño que el atacado, mientras que en el parasitismo el atacante (parásito) es de menor tamaño.

### 3.- MICORRIZOSFERA

#### 3.1 Definición

Se define a la micorrizosfera como a la zona de influencia que tiene efecto sobre los procesos fisicoquímicos y microbiológicos que tiene la raíz y su asociación con hongos micorrízicos bajo condiciones naturales. La mayoría de las plantas están micorrizadas y ahora se reconocen diferencias muy importantes entre las plantas micorrizadas y las no micorrizadas. A nivel de grupos fisiológicos se han encontrado valores bien contrastados a favor de la micorrizosfera (Ferrara et al, 1987):

Ames, (1987) plantea que debido a que la micorriza tiene una gran distribución entre el reino de las plantas, es necesario revisar el término rizósfera, en estas palabras se tendrá que adoptar posiblemente con más realidad el término micorrizosfera.

### 4.- MICORRIZAS

#### 4.1 Definición e historia.

Las micorrizas son órganos especializados en forma de raíces que son producto de la asociación simbiótica de ciertos hongos con las raíces de las plantas (Acevedo, 1990).

Durante mucho tiempo, la importancia de las micorrizas no fue comprendida. Pocos investigadores se interesaron con ella. La mayoría de biólogos, agrónomos y fisiólogos las ignoraban totalmente, sin embargo se conoce de su existencia desde hace un siglo. Fueron descubiertas por el botánico alemán, Frank en el año de 1885, en las raíces de algunos árboles forestales. Posteriormente en el año de 1900, fue puesta de manifiesto la importancia de las micorrizas excepcionales. La generalidad del fenómeno solo se reconoció hasta mediados de este siglo. Las micorrizas de los árboles forestales fueron las primeras en suscitar interés gracias a los trabajos del sueco Melin. Aunque las micorrizas de las plantas empezaron a ser estudiadas en 1910, por el francés Magrou, solo a partir de 1955, después de los trabajos de Barbara Mosse, en Gran Bretaña, cuando este tipo de asociaciones de micorrizas empieza a suscitar interés entre los investigadores (Le Tacon et al, 1985).

#### 4.2 Función

Una de las funciones más importantes de las micorrizas es absorber los elementos minerales del suelo y transferirlos a la planta huésped. La planta por sí sola no puede absorber a través de las raíces más que los elementos minerales solubles, que se encuentran en cantidades muy pequeñas en el suelo en condiciones naturales. Las micorrizas facilitan la absorción de todos los elementos minerales, pero sobre todo la de los elementos menos solubles y menos móviles en el suelo, es decir el fósforo, cobre y zinc (Le Tacon. 1985).

Por consiguiente la micorriza al ayudar a la absorción de estos elementos minerales, que por lo regular se encuentran inmóviles en el suelo, benefician de la siguiente manera:

##### Fósforo

- a) Estimula la pronta formación de las raíces y ayuda a su crecimiento
- b) Le da rápido y vigoroso inicio a la planta
- c) Acelera la maduración
- d) Ayuda a la formación de la semilla

##### Cobre

- a) Interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales

##### Zinc

- a) Necesario para la producción normal de clorofila
- b) Crecimiento en general de la planta
- c) Interviene en importantes procesos metabólicos, como en la formación de sustancias de crecimiento como el ácido indolacético y es un activador de numerosos organismos (Rodríguez, 1982).

Otras funciones importantes de las micorrizas son:

- a) Ayuda al control biológico de algunos patógenos del suelo, por factor de competencia, ya que ocupa espacios físicos y no deja desarrollarse al hongo patógeno.
- b) Proporciona mayor resistencia al estrés de agua

- c) Da resistencia a la planta para adaptarse en suelos salinos
  - d) Aumenta en un 300% la capacidad de absorción de agua.
- (Palacios, 1992).

#### 4.3 Clasificación de Micorrizas

La morfología de las micorrizas varía entre las especies vegetales y cada especie tiende a tener grupos característicos de hongos capaces de formar micorrizas.

El primero en hacer una clasificación fue Frank, (1885), clasificándolas en dos tipos, micorriza ectotrofa y micorriza endotrofa. (Ferrara, et al, 1989).

Posteriormente se propuso una terminología basada en características morfológicas y anatómicas de la asociación, introduciéndose los términos ectomicorriza, endomicorriza y ectoendomicorriza (Pyrenel, 1969).

Lewis, (1973) propone el cambio del término ectomicorriza por micorriza de vaina (sheathing micorrhizal) y divide la endomicorriza en tres grupos:

- a) micorriza vesículo-arbúscular
- b) micorriza ericacea
- c) micorriza orquidacea

Una reciente clasificación por Harley & Smith,, (1983) (citados por Ferrara 1989), considera la penetración del hongo a la célula del hospedero, la formación de varias estructuras fungales y a las simblontes involucradas, ellos describen siete tipos:

- a) Micorriza vesículo-arbúscular
- b) Ectomicorriza
- c) Ectoendomicorriza
- d) Micorriza arbúscular
- e) Micorriza ericoide
- f) Micorriza monotropoide
- g) Micorriza orquidacea

Cada tipo de micorriza forma diferentes tipos de combinaciones de estructuras.

#### 4.3.1 Ectomicorrizas

Las hifas fungales se encuentran en los espacios intercélulares, formando la red de Hartig y un manto compacto alrededor de las raíces cortas.

En este grupo, generalmente intervienen basidiomicetos, en general las familias Amanitaceae, Boletaceae, Cortinariaceae etc., aunque algunos ascomicetos también pueden formar ectomicorrizas, sobre todo los ordenes Eurotiales, Tuberales etc.

Se distribuyen particularmente en zonas templadas, donde se asocian con muchas de las más importantes especies leñosas.

Además se encuentran en plantas ornamentales y en árboles de las especies Pineaceae, Salicaceae, Fragaceae. También se llegan a encontrar en las familias Rosaceae, leguminosae, Jungladaceae (Tappe 1962., Mayer 1973).

#### 4.3.2. Ectoendomicorrizas

Es una mezcla de ecto y endomicorriza. Aquí puede o no haber manto fungal, ya que las micorrizas se encuentran tanto intracélularmente como extracélularmente de la corteza de la raíz, así mismo en ocasiones se presentan vesículas formadas por los conglomerados de las hifas.

#### 4.3.3. Endomicorrizas

Las hifas se encuentran intracélular como extracélularmente con la corteza de la raíz, pero no forman un manto fungal. En este grupo se localiza un tipo llamado vesículo-

arbúscular, básicamente formado por vesículas dadas por un conglomerado de hifas que se forman y los arbúsculos por las raicillas del hospedero (Gerdemann & Trappe, 1975).

Los hongos que forman las endomicorrizas son del orden *Phucomycetes*, presentándose los generos, Glomus, Sclerocystis, Endogone, Gigaspora y Acaulospora (Gerdemann & Trappe, 1975).

#### 4.3.3.1. Micorriza vesículo-arbúscular

La simbiosis micorriza vesículo-arbúscular es formada por la gran mayoría de las plantas superiores y un grupo de hongos zigomycetos. Se encuentran distribuidos en diferentes habitats, desde es ártico hasta el trópico, diversos medios ambientes, áridos, húmedos, comunidades estables y en ecosistemas altamente perturbados (Mosse, 1981).

Mayer (1973), estimó que cerca del 3% de las plantas superiores están ectomicorizadas y el 97% poseen a la micorriza vesículo-arbúscular.

#### 4.3.3.2. Historia.

En 1980, Link describe el género Endogone y observa estructuras internas radicales, pero no sabe el papel que están desarrollando, no sabe como se forman. En las esporas él observó pequeñas gotitas de aceite de tamaño uniforme, estaban presentes esporodios (Gerdemann & Trappe, 1975).

En 1992, Tixter fue el primero que realizó una monografía de la familia Endogonaceae contemplando Endogone, Glaziella, Sclerocytis, Sporocreas.

Peyrol (1924), encontro esporocarpos de varias especies clamidosporicas, estrechamente asociadas con las plantas que tenían micorriza vesículo-arbúscular.

Zicha (1935), cambio el nombre de Sporocrea por Endogone por su similar habito esporocarpico. En 1974, Gerdemann & Trappe, realizaron la primera gran revisión de la familia



Endogonaceae, formadora de micorriza, basándose en características morfológicas y de germinación. Presentaron los géneros Glomus, Endogone, Modicella, Sclerocyttis, dando un total de 43 especies Ubicandola en el orden de Mucorales y clase Zygomycetes.

Ames (1979), encontro un nuevo género en la familia que se denominó Entrophospora y Walker & Sanders (1936), hacen la separación del género Gigaspora a Scutellospora, por la diferencia en germinación de las esporas y la presencia de un escudo en la pared de estas últimas.

En 1988, Schenck & Perez, realizan una compilación y presentan seis géneros formados de micorrizas vesículo-arbúscular, con un total de 122 especies, posteriormente en ese mismo año, Berch, resume la descripción de 125 especies y Morton 126 (Gonzalez, 1989).

#### 4.3.3.3. Ubicación Taxonómica de la micorriza

Reino.....Fungi  
Subreino.....Thaliphyta  
División.....Amastigomycota  
Subdivisión.....Zigomycotina  
Clase.....Zigomicetes  
Orden.....Endogonales  
Familia.....Endoganaceae  
Género.....Glomus  
Especie.....fasciculatum  
(Agrios, 1980)

Algunas características que hacen que se diferencien los generos son:

En el género Acaulospora, la espora se forma de una hifa terminal o espora madre y ahora denominada sáculo esporífero, conteniendo material citoplasmático, que provee los nutrientes necesarios para la formación de la espora. Este sáculo se va colapsando conforme la espora madura y pierde totalmente su unión a este, hasta quedar libre de él. Sin esta estructura es muy difícil determinar el género al que pertenece la espora, salvo con una pequeña cicatriz que se forma en donde estuvo la unión.

La presencia de una hifa sustentoria característica de Gigaspora y Scutellospora, este tipo de unión de la espora puede ser vertical o lateral. Estos géneros no forman vesículo dentro de la raíz, pero estructuras con función aun no conocida, han sido observadas fuera de la raíz y se han denominado células auxiliares, en el caso de Gigaspora pueden ser equinoladas o finamente papiladas a diferencia de Scutellospora que son de tipo nudoso y con papilas más burdas. En Scutellospora la presencia de un escudo (de ahí su nombre), no siempre visible y las diferencias en la composición de las paredes fue la causa para ser separadas del género Gigaspora por Walker, 1986.

Entrophospora nace dentro del saco esporífero, que le provee todo lo necesario para el crecimiento de la espora, una vez madura, está totalmente se colapsa y se pierde, en la espora algunas veces pueden distinguirse dos cicatrices laterales entre sí, donde estuvo parte del sáculo.

El género Glomus, presenta una hifa sustentoria recta recurvada en forma de embudo. Aunque Morton, (1988), menciona otros tipos de hifas del género, solo en Glomus han sido descritas hifas sustentorias múltiples. Este género puede formar esporas en esporocarpos flojos o compactos o en forma simple, esto parece ser debido al medio ambiente y no a mecanismos genéticos.

En Sclerocytis, las esporas se forman obligatoriamente en esporocarpos aunque nace del plexo hifal y están redondas radicalmente (Gerdemann & Trappe, 1974).

#### 4.3.3.4. Fisiología

La micorriza vesículo-arbúscular se caracteriza por la formación de vesículas y arbúsculos de ahí su nombre. Este tipo de infección presenta hifas aceptadas intercélulas y extramatriciales, formando estas últimas una red floja la cual es capaz de explorar el suelo a una distancia superior a la de las raíces (Hayman, 1980; Gerdemann, 1975; Owusu-Bennoah y Mosse, 1979).

Las hifas de la micorriza vesículo-arbúscular penetran en la célula, donde continúan creciendo a lo largo de la raíz, no invaden la zona de crecimiento (meristemas), no intervienen

con el desarrollo normal de la raíz. Los arbusculos son estructuras haustoriales que una vez dentro de la célula del hospedero se ramifican en forma dicotómica, incrementando el área superficial en la primera etapa de infección y posteriormente se pueden degradar encontrándose en la raíz en diferentes estados de degradación. Se les ha considerado 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 (Kinden y Morton; Mosser y Haselwandter; 1983).

Las vesículas son estructuras terminales ovaladas o esféricas que tienen abundantes gotas de lípidos y por el momento solo se les considera como órganos de reserva (Nicolson, 1967; Bonfante-Fasolo, 1984).

La micorriza ayuda a incrementar la explotación en el suelo y la captación de nutrientes esenciales, especialmente en los suelos con un bajo nivel de fertilidad, mientras que el hongo recibe a cambio carbohidratos producto de la fotosíntesis de la planta (Shultz, 1979; Jenhe, 1980).

En cuanto a la fisiología de los carbohidratos Pang & Paulo, (1980), midieron la fotosíntesis usando bioxido de carbono en plantas de Vicia faba inoculadas con micorriza y encontraron que las plantas micorrizadas absorbieron 30% del bioxido de carbono incorporado, mientras que las no micorrizadas solo absorben el 18%

En las plantas inoculadas con *Glomus Mossae*, el total de carbono fijado y translocado del tallo a las raíces, resultó 7% más alto en las plantas micorrizadas que en las plantas no micorrizadas (Snellgrove, 1982).

Cox, (1980) indica que hay una rápida translocación de fotosintatos en las raíces de plantas micorrizadas, que en las no micorrizadas.

La asociación micorrizada disminuye la susceptibilidad de la planta hospedera al ataque de otros microorganismos patógenos del suelo como son, nemátodos y hongos (Phytophthora sp., Thielaviopsis basicola y Fusarium oxysporum). Esto es debido a una reducción del año del hospedero y a veces a un decremento en la infección del patógeno. En el caso de los nemátodos no parece ser inhibida, pero su desarrollo dentro de la raíz es restringido (Gianlazzi-Pearson, 1983).

#### 4.3.3.5. Ecología

Los hongos endomicorrizcos vesículo-arbúscular son constituyentes de la microflora natural del suelo, en ecosistemas naturales y probablemente colonizarán más tejidos vegetales que cualquier otro tipo fungal. Su abundancia y su influencia en la nutrición y crecimiento de las plantas hospederas es de gran trascendencia fisiológica y ecológica para el buen funcionamiento y estabilidad de las comunidades vegetales.

Se les encuentra en muchos cultivos agrícolas, hortícolas, ornamentales, frutícolas, malezas nativas, hierbas y arbustos en la mayoría de los árboles de sombra y en árboles forestales (Jaen, 1983).

Los hongos vesículo-arbúsculares están ampliamente distribuidos en el reino de las plantas pero es lógico que el grado de colonización por esta micorriza presenta considerables variaciones dependiendo del tipo de la planta, edad de la misma y muy estrechamente por las condiciones del ambiente.

Hay que considerar que son pocos los grupos de plantas que no forman endomicorriza siendo estas familias, Cruciferae, Fumariceae, Cyperaceae, Urticaceae y Polygonaceae, aunque ésta no debe considerarse como regla debido a que se han estado reportando algunas especies con colonización micorrizica dentro de estos grupos (Gerdemann, 1975).

Los factores que afectan la distribución, actividad y supervivencia de los hongos micorrizcos son los siguientes:

- Fertilidad del suelo
- Humedad
- Materia orgánica
- Nivel de oxígeno en el suelo
- Disponibilidad de nutrientes
- Tipo de suelo
- pH
- Profundidad del suelo
- Altitud

- Precipitación
- Movimientos físicos del agua
- Intensidad de la luz
- Efectividad e ineffectividad del endófito
- Patógenos foliares y radiculares (Hayman, 1980; Trappe, 1984).

Además los microorganismos del suelo tiene gran trascendencia sobre la actividad micorrízica, sobresaliendo en forma especial los colembolos, nemátodos, acaros, arácnidos y oligoquetos (Hayman, 1980; Trappe, 1984).

#### 4.3.3.5.1. Efecto de la micorriza con fertilizantes.

Otro de los factores que afectan el desarrollo, actividad y supervivencia de las micorrizas son, prácticas culturales agrícolas, particularmente la aplicación de fertilizantes, aplicación de pesticidas y rotación de cultivos, de igual forma (Gianinazzi, 1982).

Hay evidencias que indican que la adición de materia orgánica a los suelos conduce un mejor desarrollo de la micorriza. Inversamente existe información considerable sobre los efectos negativos de los fertilizantes nitrógenados sobre la formación micorrízica (Hayman, 1980).

Por ejemplo, en suelos arcillosos sembrados con trigo, se determinó la colonización micorrízica y el número de esporas, encontrándose que el nitrato de amonio disminuyó marcadamente la colonización y el número de esporas.

Por otra parte, Kruckelmann, (1975), encontró resultados diferentes en dos suelos fertilizados con 40 kg/ha de nitrógeno, mezclados con abono orgánico y un nemátocida. los resultados muestran un incremento en el número de esporas y en el porcentaje de colonización. Estos efectos opuestos en suelos diferentes se deben a diferencias en la fertilidad del suelo (Hayman, 1980).

La colonización provocada por la endomicorriza tiende a ser más prevalente de moderada a baja fertilidad (Gerdemann, 1975).

Por lo general los fertilizantes completos nitrógeno, fósforo y potasio crean efectos negativos sobre la colonización micorrízica (Hayman, 1981).

Por lo tanto, suelos con alta fertilidad conducen a una pobre colonización, así que es muy improbable encontrar abundante micorriza en suelos agrícolas que son fertilizados intensamente (Khan, 1972).

Sin embargo, algunos cultivos son altamente dependientes a la micorriza aun en suelos muy fértiles, por ejemplo, maíz y cebolla (Hayman, 1980).

Mediante numerosos experimentos se ha demostrado que la intensidad de la colonización siempre es reducida cuando la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el suelo aumenta. Cuando la alimentación de la planta en estos dos elementos es excesiva, su rendimiento es muy elevado y la totalidad de los glúcidos fotosintetizados es empleada por la planta para producir compuestos proteicos y fosforados. De esta forma la cantidad de glúcidos en las raíces disminuye y los hongos micorrízicos no pueden alimentarse de estos compuestos carbonatados y desaparecen (Azcon y Barrea, 1980).

La micorriza aparentemente no juega un papel importante en la absorción directa de nitrógeno, pero se ha demostrado que incrementa la capacidad de fijación de nitrógeno en las leguminosas (Pañ & El-Glahmi, 1975).

#### 4.3.3.5.2. Efecto del pH

Existen otros factores del suelo que sin duda desempeñan también un papel esencial en la fisiología del hongo, pero que no siempre es fácil determinar, por ejemplo el pH es difícil evaluar. Existen hongos micorrízicos adaptados a suelos ácidos, otros están a suelos alcalinos, otros son indiferentes al pH (Le tacon, 1985).

#### 4.3.3.5.3. Efecto de la humedad

El efecto de la humedad sobre el establecimiento y función de las endomicorizas ha sido poco estudiado, sin embargo se han sugerido efectos de la humedad del suelo en la colonización micorrízica en observaciones de campo e invernadero (Khan, 1974; Trinik, 1977).

Las esporas de los hongos micorrizicos son inhibidas en su geminación bajo condiciones hídricas adversas con la subsecuente colonización deficiente de las raíces (Reid & Bowen, 1977).

Sin embargo es conocido que algunos hongos pueden tolerar potenciales bastante bajos de agua (Mexal & Reid, 1973; Theodoru, 1978).

El estado del agua en la planta puede también afectar la colonización del hongo por alteraciones de la corteza de la raíz, la cual inhibe la penetración de la hifa o por cambios en la producción de estímulos de agua, dan origen a que las esporas de la endomicorizas se colapsen y no germinen, de este modo nuevamente la colonización se reduce senciblemente (Reid & Mexal, 1977).

#### 4.3.3.5.4. Efecto de la temperatura

La reducción de la biomasa producida por las plantas hospederas, como resultado de la colonización micorrízica ha sido atribuido a los efectos de la temperatura del suelo (Chiluers & Daft, 1978; Furlan & Fortyn, 1973).

La temperatura del suelo puede afectar la actividad fisiológica de la endomicoriza (Ferrara Cerrato, 1983).

Las variaciones morfológicas de varias especies de hongos micorrizicos son lo suficientemente grandes para sugerir diferencias importantes en sus relaciones fisiológicas (Gerdemann & Trappe, 1974).

Esto queda ilustrado por las observaciones de Schenck, quien demostró que la temperatura afecta el desarrollo de la micorriza.

#### 4.3.3.5.5. Efecto de la luz

Las altas intensidades de luz estimulan una mayor síntesis de arbuscúlos en comparación con las bajas intensidades, lo cual está íntimamente correlacionado con altos suministros de carbohidratos en las raíces (Hayman, 1974).

Una reducción en el 50% de la intensidad luminosa en tabaco, disminuyó el porcentaje de colonización del 85% al 31% (Mosse, 1968).

Bajas intensidades luminosas en los invernaderos durante el invierno reduce la colonización de la endomicorriza (Gerdemann, 1973).

Cultivos inoculados con endomicorriza bajo condiciones de fuerte sombreado reduce la formación de esporas en un 80% (Mosse, 1973).

#### 4.3.3.5.6. Colonización

Otro aspecto importante a considerar sobre los hongos vesículo-arbuscular es su influencia a la colonización de nuevos habitats. En efecto se ha observado que intervienen en la estabilización de suelos sueltos, mediante la formación de agregados de arena por el micelio fungico. De igual forma, mejoran la estructura del suelo mediante la acción cementante de polisacaridos bacterianos (Barrera y Azcon-Agullar, 1983).

En trabajos de campo se ha observado el efecto benéfico de los hongos vesículo-arbuscular sobre el desarrollo de las plantas, creciendo en zonas erosionadas y resultando una mayor productividad agrícola, por lo cual estos hongos deberán ser incluidos en los programas de vegetación de suelos desnudos. Sin embargo, las dificultades de llevarlo a la práctica con cierta posibilidad de éxito son considerables, ya que las plantas pueden desarrollar colonizaciones mezcladas mediante el predominio del endófito vesículo-arbuscular introducido



o del hongo nativo. Por lo tanto, es necesario que el hongo a inocular tenga una gran capacidad competitiva y una excelente eficiencia en la búsqueda y translocación de nutrientes.

Una gran cantidad de plantas vasculares para diseminarse ecológicamente son dependientes de los hongos vesículo-arbúscular, debido a que estos endófitos son capaces de mineralizar y proporcionar nutrientes esenciales (principales fósforo) para el metabolismo vegetal. Es importante conocer que existen diferentes grados de micotrofia de las plantas, a la acción fisiológica, funcional y nutricional de los hongos vesículo-arbúscular. Por ejemplo, hay plantas con tan fuerte dependencia al microambiente que a pesar de ser fertilizados no sobreviven (Janos, 1980).

Son cuatro los factores que determinan una exitosa y edificante relación simbiótica entre los hongos vesículo-arbúscular y las plantas:

- a) El genotipo de la planta hospedera para el reconocimiento bioquímico y aceptación de la relación gene-gene.
- b) La efectividad e ineffectividad de las cepas endomicorrizas para promover e inducir efectos morfológicos y fisiológicos de las plantas hospederas.
- c) La cantidad de fósforo presente en el suelo y
- d) Los requisitos de fósforo de las plantas (Jaen, 1983).

Clough & Sutron, (1978) han demostrado que los hongos endomicorrizicos son capaces de producir sustancias pegajosas, posiblemente polisacáridos, con las cuales contribuyen a la formación de agregados semiestables en suelos sueltos.

Además la inoculación micorrizica estimula en enraizamiento (Baurows y Roncadori, 1977). Da protección a plantulas y estacas durante el trasplante y estimula su crecimiento (Kormanik, 1978). Reprime la penetración y el crecimiento de patógenos fungales y fitoparásitos radiculares (Roncadori y Hussehy, 1977).

De esta forma la arquitectura y morfología radical determina el número potencial de los sitios de colonización, la intensidad y dispersión y longitud de las hifas endomicorrizicas, influyen determinantemente sobre su crecimiento. Generalmente aquellas plantas con el más limitado contacto raíz-suelo (gruesas y con pocos pelos radiculares) se benefician más de los hongos endomicorrizicos que aquellas que poseen una gran densidad de raíces secundarias, terciarias y abundantes pelos radicales.

Uno de los factores que limitan el uso a gran escala de estos hongos, es su capacidad para desarrollarse en medios de cultivo sintéticos, teniendo que ser multiplicados en asociación con una planta hospedera, por lo que la metodología empleada para su estudio es diferente a la usada para otros hongos del suelo.

## **5.- ADAPTACION DE LA MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR A FACTORES EDAFICOS.**

Muchas plantas responden de diferente manera a diferentes especies de hongos (Powel, 1975), y los hongos interactúan diferentemente con distintos suelos (Mosse, 1972-1975).

Los hongos micorrízicos también varían conforme al pH (Mosse, 1973; Hayman & Arnold, 1973), temperatura (Shenck & Green, 1975), fósforo alto (Powel & Daniel, 1978), y especies de plantas (Berege & Bowen, 1975).

Algun otro factor semejante es la disponibilidad de Zinc y Magnesio que deteriora el poder de asimilación del hongo y conforme a la especie del hongo varían más que otros.

La adaptabilidad a factores edáficos puede afectar el desempeño del hongo introducido en los suelos, donde la micorriza inóculada es ausente o casi nula.

## **6.- PAPEL DE LA MICORRIZA EN SUELOS SALINOS**

De acuerdo con Becerra y colaboradores (1986), la depositación directa de cenizas volcánicas en las condiciones lacustres imperantes, favorecerán el desarrollo de un material agua-sedimento con características excepcionales de retención de humedad y sales, razón por la cual en la actualidad la mayor parte de los suelos de los lagos contienen sales, y aunque se señala que el pH de los suelos salinos raramente supera el valor de 8.5, el suelo de los lagos, presentan estas características, y en algunos casos superan dicho valor de pH.

De los problemas importantes que presentan los suelos de los ex-lagos, es la presencia de un material altamente hidratado en los suelos que le confiere alta retención de humedad, con una conductividad hidráulica casi nula, razón que hace que las prácticas de lavado de sales sean inoperantes.

En zonas áridas, las endomicorrizas pueden ayudar en el transporte de agua a través de las plantas (Trappe, 1981).

Algunas especies vegetales infectadas con micorrizas vesículo-arbúsculares resistió mejor las condiciones de salinidad. Este tipo de hongos se han llegado a encontrar en ambientes asociados con especies halófitas nativas, en donde forman asociaciones simbióticas semejantes en morfología a la de ambientes no salinos (Pond, 1984).

Las micorrizas pueden parcialmente disminuir los efectos detrimentales de cloruro de sodio sobre el crecimiento de las plantas no tolerantes a las sales. Incluso las plantas halófitas (Atriplex canescens) mejoran su crecimiento con las micorrizas (Williams et al, 1974).

Aunque se sabe poco acerca de los efectos de algunos cationes, diferentes al Fósforo, sobre las micorrizas, se ha encontrado una correlación inversa entre el número de esporas de micorrizas y el contenido de sodio en el Este del Desierto de Oregon, donde los hongos micorrizicos han sido encontrados en las raíces de los pastos halófitos Festuca idahoensis y Distichlis stricta (Ho, 1987).

La micorriza puede aumentar la concentración de sodio en las raíces, aunque se infiere que esto es causado por el aumento en la concentración de fósforo y potasio. La toxicidad del sodio es reducida por acción de la bomba de sodio-potasio, la cual reemplaza el sodio citoplásmico con potasio.

El aumento de potasio y fósforo para la formación de  $ATP_{P^{++}}$  podría ser requerido para balancear el incremento de sodio para propiciar el funcionamiento de la bomba sodio-potasio (Allen y Cunningham, 1983).

Como lo indican Poss y colaboradores (1985), el estudio de la interacción salinidad-micorrizas es esencial para determinar si la influencia, recientemente estudiada, de los hongos endomicorrizicos sobre el fósforo es el mecanismo principal por medio del cual el hongo puede incrementar su tolerancia a las sales. Esto es especialmente cierto en el caso de la cebolla y

del jitomate, dos plantas que han demostrado tener aumento en la producción, cuando las aplicaciones de fósforo han sido incrementadas.

Los efectos de las micorrizas sobre las plantas sometidas a estrés por sales pueden limitarse al mejoramiento de la nutrición fosforada. Las micorrizas pueden influir la producción de hormonas vegetales (Barea y Azcón-Aguilar, 1981), lo que a su vez puede favorecer la tolerancia de las plantas de la salinidad.

El estado de las micorrizas en zonas irrigadas con agua salina debería ser cuidadosamente estudiado. Un incremento considerable de sales puede ser detrimental para los hongos nativos. Cuando esto sucede, la productividad de las plantas cultivadas puede declinar o requerir repetidas fertilizaciones con fósforo, para al menos, permitir que los hongos más adaptados a altas concentraciones de sal puedan ser inducidos (Trappe, 1981).

La salinidad, la fertilidad y la presencia del hongo micorrízico influye en la concentración de nutrientes esenciales en las plantas. Por ejemplo, cuando hay una reducción de la biomasa de la planta, mientras no afecte la absorción de ciertos iones, la salinidad puede causar efecto de concentración (Pegg et al, 1985).

La colonización de hongos micorrízicos en la vegetación, que crece sobre suelos salinos, podría ayudar en el desarrollo de nuevas áreas aprovechables con especies halófitas, y eventualmente la recuperación de gran parte de las zonas salinas, a un costo relativamente bajo. Conjuntamente además con el mejoramiento genético para resistencia a la salinidad, se ha sugerido que la colonización con hongos micorrízicos podría conducir a un aumento en la tolerancia a la sal. Existen actualmente algunas evidencias de esta resistencia a la salinidad en cítricos (Levy et al, 1983), cebollas (Ojala et al, 1983) y tomate (Pond et al, 1984).

## **7.- FISILOGIA DE LAS PLANTAS RESISTENTES A LA SALINIDAD**

### **7.1 Toxicidad de suelos**

Bajo condiciones cálidas y áridas, las sales solubles se acumulan en la superficie de los suelos donde quiera que la capa freática se halle a unos pocos centímetros de la superficie, como puede suceder, en condiciones naturales, en las márgenes llanas de los ríos, las playas

de bajo nivel de los lagos y en las depresiones en las que se acumulan el agua de avenamiento; de hecho, en cualquier zona donde se encuentren suelos pantanosos, cenagosos u otros que tengan mal avenamiento en regiones húmedas. Durante los periodos secos la superficie de estos suelos está cubierta con una película o capa delgada salina a modo de corteza, que se disuelve en el agua del suelo cada vez que este se humedece (Russell, 1978).

Es típico de los suelos salinos poseer una superficie desigual, cubierta de pequeñas manchas prominentes, de unos centímetros de altura, que están enriquecidas de sales, la sal se concentra en las áreas más salinas porque estas permanecen húmedas más tiempo después de la iniciación de la sequía.

Los suelos salinos no muestran normalmente cambios de estructura en el espesor del perfil, lo que significa que el suelo apenas es afectado por los procesos de meteorización y edafogénesis. Tales suelos se conocen como *solonchaks* por los rusos, y fueron llamados suelos alcalinos blancos por E.W. Hilgard, pero ahora se denominan ordinariamente suelos salinos. Por lo común son pobres en humus, a causa de que la vegetación natural no puede desarrollarse mucho anualmente sobre ellos. Las sales más comunes que contienen, son los sulfatos y cloruros de sodio y calcio.

Los suelos salinos pueden contener más de 250 ton / Ha. de sal en los primeros 125 cm. de espesor; es decir, las sales pueden constituir más de un 1% del peso del suelo, aunque muchos suelos salinos contienen una cantidad inferior a esta. La vegetación natural sobre tales suelos contiene una elevada cantidad de canizas, que puede llegar hasta una cuarta parte del peso de la materia vegetal seca al aire, pudiendo estar constituidas en su mayor parte por sales solubles, especialmente cloruro sódico. Por ello, la vegetación también transporta sales a la superficie.

La fuente de sales en los suelos salinos naturales es ordinariamente el agua de la capa freática, la cual las adquiere de dos procedencias. Parte, y algunas veces toda, deriva de la alteración de las rocas en las márgenes superiores del río, y parte, de depósitos de sal formados en periodos geológicos antiguos en estados a través de los cuales se mueve el manto acuífero. Los suelos salinos se han producido también artificialmente por prácticas defectuosas de riego, pues la irrigación implica siempre la colocación de sales sobre el terreno al mismo tiempo de agua.

Cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas usualmente presentan achaparramientos con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde

azul profundo y se ven manchones sin plantas; sin embargo estas características no son indicaciones infalibles de salinidad. Por ejemplo, los manchones sin plantas pueden presentarse en terrenos no salinos debido a su nivelación deficiente, lo cual resulta en riego inadecuado; por otra parte, el desarrollo retardado y el color anormal pueden ser debido a deficiencias nutritivas.

La extensión y frecuencia de manchones desnudos en muchas áreas, se puede tomar como un índice de la concentración de sales en el suelo. Debido a que la mayoría de las plantas son más sencibles a la salinidad durante la germinación, que en las últimas etapas de su desarrollo, los manchones son más bien indicadores de salinidad alrededor de la semilla, durante su germinación que del estado general de salinidad del perfil del suelo. Frecuentemente las prácticas de cultivo contribuyen a la acumulación de sales alrededor de la semilla, con la consiguiente falla en su germinación. El vigor de las plantas adyacentes a los manchones puede dar idea de la distribución de las sales en el suelo. Las plantas desarrolladas vigorosamente en zonas adyacentes a manchones exentos de vegetación, sugieren una concentración local de sales, en tanto que la presencia de plantas achaparradas en la misma posición, indica una distribución más general de la salinidad en el área. Si el grado de salinidad no es lo suficientemente elevado como para producir ese tipo de manchones, la característica principal en la apariencia del cultivo puede ser una marcada irregularidad en su vigor vegetativo.

Deben tenerse precauciones para evitar la confusión entre los efectos debido a baja fertilidad del suelo y aquellos causados por salinidad. Las plantas achaparradas a baja fertilidad, son comúnmente verde-amarillentas, mientras que las achaparradas por efecto de salinidad, son característicamente verde-azulosas. La apariencia azulosa es el resultado de una cubierta cerosa de espesor poco común, sobre la superficie de las hojas y el color más oscuro de debe, a un aumento en el contenido de clorofila por unidad de superficie foliar, sobre la base de peso verde (Richards, 1980).

Algunas especies desarrollan áreas necróticas características, así como quemaduras en las puntas y en los márgenes de las hojas, cuando crecen en suelos salinos. Muchos frutales de hueso, aguacate, toronja y algunas de las variedades de algodón menos tolerantes de sales, pertenecen a esta categoría.

El enrollamiento de las hojas es una manifestación común de las deficiencias de humedad en las plantas, pero estos síntomas pueden ser indicativos de cuando ocurren en

presencia de humedad del suelo aparente adecuada; sin embargo otros factores que causan mal funcionamiento del sistema radicular, tales como enfermedades de la raíz y mantos freáticos elevados, pueden producir síntomas foliares similares. Por lo tanto, aun cuando la apariencia del cultivo pueda indicar condiciones de salinidad, requiere de evidencia adicional que se obtenga por pruebas analíticas del suelo y de las plantas. (Russell, 1978).

## 7.2 Efecto de las sales solubles sobre el crecimiento de las plantas.

Las sales solubles pueden tener dos tipos de efectos sobre las plantas en crecimiento: los específicos debido a los iones perjudiciales para la especie y los efectos generales ocasionados por el aumento de la presión osmótica que rodea a las raíces de las plantas.

Los efectos específicos caen dentro de dos clases: unos que se presentan a concentraciones pequeñas y otros a concentraciones grandes. Entre los primeros, solo adquieren importancia normalmente debido a dos sales: el carbonato sódico y los boratos solubles. El carbonato sódico puede ser perjudicial por sí mismo, pero este efecto es más probable que sea consecuencia del elevado pH que provoca. Así, por una parte, muchos nutrientes, como fósforo, hierro, zinc y magnesio, se hacen inasimilables a pH alto, y por otra, la estructura del suelo tiende a hacerse inestable al agua, dando lugar de este modo a que aparezcan condiciones de escasa permeabilidad, pobre aireación y laboreo muy difícil o casi imposible. Los boratos son directamente tóxicos para el cultivo, provocando ya una disminución del crecimiento de las especies sensibles al agua que contiene 1 p.p.m. de boro en forma de borato, mientras que con 2 p.p.m. ya es inadecuado para riego.

Algunos iones pueden tener también un efecto tóxico a elevadas concentraciones, el cual encarece el efecto perjudicial de la mera concentración. Así, algunas especies (melocotones y alubias) son dañadas por los cloruros de la solución del suelo a presiones osmóticas a las que los sulfatos no lo harían, mientras que otras, como el lino y algunas gramíneas pratenses, son más tolerantes a los cloruros que a los sulfatos a igualdad de presión osmótica. Además, a presiones osmóticas iguales bastante altas, los iones magnesio son más tóxicos que los iones calcio, y estos suelen serlo más que los iones sodio, aunque estos efectos perjudiciales no se han reconocido en la práctica, ya que en general, el sodio es un ion dominante en los suelos muy salinos. Una gran proporción de iones sodio tiene a veces un

efecto perjudicial secundario en suelos muy pobres en calcio, pues entonces la cosecha sufrirá deficiencia de este elemento (Russell, 1978).

Los efectos generales de la mucha riqueza en sales se muestran por la presencia de plantas raquíticas, enanas, aunque esto a menudo no se manifiesta claramente en el campo si no existen partes con pocas sales que actúen como testigos. Además, muchos cultivos desarrollándose en suelos muy salinos no despliegan los síntomas de marchitamiento muy claramente de suerte que pueden estar sufriendo una severa falta de agua antes que el agricultor se dé cuenta perfecta de ello (Richards, 1977).

Una elevada proporción de sal alrededor de las raíces reduce marcadamente el poder de la planta para absorber agua. Así J.D. Newton (1925), ya que demostró que la energía que tienen que gastar las plantas de cebada para absorber agua aumenta a medida que aumenta la presión osmótica de la solución en que crecen, y H.E. Hayward y W.B. Supurr (1974), han demostrado que las raíces de maíz absorben agua de una solución con una presión osmótica de 4.8 atm, a un tercio solamente de la velocidad con que la absorben de otra de 0.8 atm. Además, el descenso efectivo de la energía libre del agua en el suelo es la suma debido a la presión osmótica de la solución del suelo y al menisco curvado de aire-agua que enmarca su superficie libre, disminuyendo la facilidad con la cual la raíz de la planta puede extraer agua del suelo a medida que la energía libre de esta disminuye. Por ello, el aumento de la presión osmótica de la solución del suelo equivale a aumentar la solución del agua retenida por él, pero se necesitan más investigaciones antes de poder afirmar si esta es la única causa o solamente una importante, de la reducción que ocasiona la presión osmótica en la velocidad de absorción de agua por las raíces.

Solo a partir de 1940, aproximadamente, los investigadores han apreciado por completo el significado del citado efecto de las sales de incrementar la solución efectiva del agua del suelo y sus consecuencias en la agricultura de regadío; pues cuanto mayor es la cantidad de sales que contiene el suelo, menor es la cantidad de agua que la cosecha puede extraer de él antes que emplee a sufrir por escases de agua. Los suelos con muchas sales requieren por consiguiente, riegos más frecuentes que los suelos similares en sal, y, como ya se ha dicho, las cosechas que se desarrollan sobre ellos no se marchitan tan plenamente, de suerte que es más difícil para el agricultor determinar cuándo debe darse el riego (Russell, 1978).



### 7.3 Tolerancia relativa a sales.

En la práctica, la tolerancia a la sal es un concepto muy complejo. La tolerancia de una planta puede ser escasa cuando es joven, pero elevada cuando está bien arraigada: la alfalfa es un ejemplo de esto. La planta puede mantenerse viva en presencia de concentraciones salinas elevadas, pero crecerá poco en estas condiciones y solo lentamente con contenidos moderados de sal, siendo por ello de poco valor comercial; son ejemplo de esto alguna de las plantas barrilleras. Además, aunque la planta pueda desarrollarse en suelos bastante salinos, suele estar afectada la calidad de la parte recolectada. Así, los cereales crecen y rinden mucha más materia seca en suelos demasiado salinos para que produzcan grano alguno: la remolacha azucarera en suelos salinos dá una raíz pobre en azúcar y difícil de refinar, y las plantas forrajeras suelen contener tantas sales que son inapetecibles o perjudiciales para el ganado. Además, en la práctica, la tolerancia a la sal está a menudo estrechamente relacionada con la tolerancia a los álcalis, alto pH y escasez de calcio por un lado, y capacidad de resistir un encharcamiento prolongado durante el regadío, lo cual es una consecuencia común de la alcalinidad, por otro.

La cebada tolera bien las sales en cualquier fase de su crecimiento, aun cuando es más sensible durante la germinación que posteriormente (Ayers y colaboradores, 1952). En condiciones de campo, es posible modificar las prácticas de siembra para reducir al mínimo la tendencia de las sales a acumularse alrededor de la semilla, mejorando así la población de plantas para cultivos sensibles a sales durante la germinación (Heald y colaboradores, 1950).

En el laboratorio se ha podido estudiar la tolerancia a las sales de gran número de especies vegetales. Por esta razón, las listas publicadas con anterioridad por Magistad y Christensen (1944) y Hayward y Magistad (1946), se han modificado en base a recientes resultados.

La tolerancia a sales de un cultivo se puede evaluar de acuerdo con tres criterios:

- 1) La capacidad del cultivo para sobrevivir en suelos salinos;
- 2) El rendimiento del cultivo en suelos salinos, y
- 3) El rendimiento relativo del cultivo en suelo salino, en comparación con el correspondiente a un suelo no salino bajo condiciones similares.

Muchas observaciones previas con relación a tolerancia a sales, se han basado principalmente en el primer criterio, pero este método de evaluación tiene una significación

práctica muy limitada en la agricultura bajo riego. Aún cuando se reconoce que el segundo criterio es tal vez de mayor importancia, ya que proporciona una mejor base de comparación entre los diversos cultivos (Richards, 1977).

Las listas de tolerancia se han arreglado de acuerdo con las mayores divisiones de los cultivos y en cada división, dichos cultivos se han enlistado en tres grupos. Dentro de cada grupo el arreglo es en orden decreciente de tolerancia a las sales, pero una diferencia de dos o tres lugares dentro de una misma columna no puede ser significativa. (ver cuadros No 1, 2, 3 y 4). Los valores de la CEe que se presentan en la parte superior de cada columna representa el nivel de salinidad en el cual es de esperarse una disminución del 50% en los rendimientos obtenidos en suelos no salinos bajo condiciones similares. Por ejemplo, tratándose de cultivos muy tolerantes a sales que aparecen en la división de cultivos comunes, se tienen valores de 16 mmhos/cm para la CEe en la parte superior de la columna y de 10 mmhos/cm en la parte inferior. Esto quiere decir que los cultivos más cercanos a la parte superior de esta columna producirán un 50% en un suelo cuya CEe sea de 16 mmhos/cm de lo producido en un suelo no salino en condiciones similares y que los cultivos cercanos a la parte inferior de la columna producirán el 50% en suelos que tengan una CEe de 10 mmhos/cm de los que produce en un suelo no salino. Los valores para la CEe cuya significación es similar a cada grupo de plantas, se han dado de acuerdo con los datos disponibles. En casi todos estos casos, los datos están basados en una técnica según la cual los cultivos se hacen crecer en suelos cuyos niveles de salinidad se han ajustado artificialmente después del establecimiento de las plántulas.

**CUADRO No. 1**

<b>FRUTALES</b>			
<b>Muy tolerantes</b>	<b>Medianamente tolerantes</b>	<b>Poco tolerantes</b>	
<b>Palma datilera</b>	<b>Granada</b>	<b>Peral</b>	<b>Almendro</b>
	<b>Higuera</b>	<b>Manzano</b>	<b>Fresa</b>
	<b>Olivo</b>	<b>Naranja</b>	<b>Limonero</b>
	<b>Vid</b>	<b>Toronja</b>	<b>Aguacate</b>
	<b>Melón</b>	<b>Ciruelos</b>	

---

**CUADRO No 2**

---

<b>HORTALIZAS</b>		
<b>Muy tolerantes</b>	<b>Medianamente tolerantes</b>	<b>Poco tolerantes</b>
<b>CEeX10=12</b>	<b>CEeX10=10</b>	<b>CEeX10=4</b>
Remolacha	Jitomate Chile	Rábano
Col rosada	Col Papa	Aplo
Espárrago	Pimiento Zanahoria	Ejote
Espinaca	Coliflor Cebolla	
	Lechuga Chicharo	
	Maíz dulce Calabaza	
	Pepino	
<b>CEeX10=10</b>	<b>CEeX10=4</b>	<b>CEeX10=3</b>

---

---

**CUADRO No 3**

---

<b>PLANTAS FORRAJERAS</b>		
<b>Muy tolerantes</b>	<b>Medianamente tolerantes</b>	<b>Poco tolerantes</b>
<b>CEeX10=18</b>	<b>CEeX10=12</b>	<b>CEeX10=4</b>
Zacaton alcalino	Trébol blanco	Trébol holandes
Zacate salado	Trébol amarillo	Trébol rojo
Gramma o bermuda	Bromo de montaña	
Pasto Rhodes	Zacate Sudán	
Cebadilla criolla	Alfalfa	
Certano silvestre	Festuca	
Gramma de trigo	Trigo	
Cebada	Avena	
	Veza	
<b>CEeX10=12</b>	<b>CEeX10=4</b>	<b>CEeX10=2</b>

---

**CUADRO No 4**

---

**CULTIVOS COMUNES**

Muy tolerantes	Medianamente tolerantes	Poco tolerantes
CEeX10=16	CEeX10=10	CEeX10=4
Cebada (grano)	Centeno (grano)	Aluvas
Cafia de ázucar	Trigo (grano)	
Algodón	Avena (grano)	
	Arroz	
	Sorgo (grano)	
	Maíz	
	Grasol	
CEeX10=10	CEeX10=6	

---

\*\* CEe= Conductividad eléctrica del extracto de saturación en mmhos por centímetro (L.A. Richards, 1977; López Ritas, 1985).

**7.4 Productividad bajo régimen salino**

O.C. Magstrand y colaboradores (1980), en el Regional Salinity Laboratory, de Riverside, han publicado muchos trabajos sobre la relación entre la presión osmótica de la solución que rodea a las raíces de las plantas y el grado de desarrollo de la cosecha, concluyendo que, en conjunto, existe una relación lineal entre la reducción en rendimiento y la presión osmótica de la solución, aunque, como se demuestra a continuación (cuadro No 5) la relación lineal no se manifiesta necesariamente en especies sencibles a las sales. Así H.G. Gauch y O.C. Magstad (1978), demostraron que el rendimiento de la alfalfa se reducía aproximadamente un 10% por cada aumento de 1 atm. en la presión osmótica. Naturalmente, este factor depende de la planta, pues algunas son más tolerantes que a otras presiones osmóticas elevadas. Así, las aluvas, desarrollándose en una solución de 4.4 atm de presión

osmótica, solamente dan un 20%, mientras que el algodón y la remolacha azucarera dan el 70% de los rendimientos que proporcionan cuando crecen en una solución de 0.4 atm. Aumentos superiores en la presión osmótica reducen la cantidad de agua transpirada por la cosecha. F.M. Eatib (1970), encontró que en una serie de diferentes especies cultivadas, tolerantes a la sal, cultivadas en arena con soluciones con cantidades crecientes de sulfato sódico, el grado de desarrollo alcanzado y el agua transpirada durante una época de desarrollo fueron:

CUADRO No 5

RELACION POTENCIAL OSMOTICO, COSECHA

Presión osmótica de la solución en atm.....	0.7	1.8	3.5	5.1
Materia seca producida, KG/18 pies cuadrados.....	11.4	8.9	6.3	3.7
Agua transpirada, millares de litros.....	6.4	4.8	3.5	2.4

Eaton (1977), demostró también que el jugo celular de estas plantas mantenía una presión osmótica aproximadamente 10 atm más elevada que la de la solución de cultivo, presumiblemente debido al suplemento de sales absorbidas (Magistad y Reltemeier, 1975).

## IV METODOLOGIA

---

### 4.1. Metodología

La metodología consta de tres etapas:

#### Etapa número 1.- Propagación del inóculo.

De una cepa micorrizada, donada por el Instituto de Geología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, se reprodujo, se obtuvo el inóculo para el experimento, el método utilizado fue el de Ferguson y Woodhead (1982), en el cual se requiere de una especie vegetal que no desarrolle mucha área foliar y una buena producción de raíces, la especie que se utilizó fue el pasto Rhodes (Chloris gayana), después para verificar la infección se utilizó el método de Hayman, (1970).

#### Etapa número 2.- Siembra en charolas.

Una charola de germinación se llenó con una mezcla de agrolita, vermiculita y cáscara de cacahuete, a esta se le adiciona el inóculo y se depositan cinco semillas de chile por orificio y se taparon con la misma mezcla.

En la otra charola el sustrato fue de agrolita sola, sin inóculo, y se siguen los mismos pasos, que con las charolas anteriores. Después de germinar se aclarea a tres plantas por orificio.

#### Etapa número 3.- Trasplante.

Se llevó a cabo un muestreo al azar, en el municipio de Zumpango, donde es suelo salino. De este suelo se esterilizó el 50%, (aproximadamente 45 kg.) con Bromuro de metilo, y el otro 50% del suelo no se esterilizó.

Para el llenado de macetas, previa desinfección de estas con hipoclorito de calcio al 7%, se llenaron cada una de las macetas con tres kilos de suelo, del total de macetas, el 50% se lleno con suelo esterilizado y el otro 50% sin esterilizar.

El trasplante en macetas se realizó a 45 días después de la siembra, dejando tres plantas por maceta.

La fertilización se llevó a cabo, a los 8 días después del trasplante, con una dosis de 150-120-00, siendo las fuentes urea y supertriple, en los casos así requeridos utilizando 0.3g y 0.26g respectivamente por maceta.

#### 4.2. Descripción de la zona

Para la obtención del suelo que se utilizó en el experimento, previamente se realizó un estudio para determinar que suelo reunía las características requeridas para dicho experimento. Como nuestra necesidad era de un suelo salino, se determinó que el Municipio de Zumpango reunía estas características, (ver análisis del suelo, anexo 1) ya que presenta suelos extremadamente salinos, esto es por la depositación de cenizas volcánicas, además de la presencia de un material altamente hidratado, provocando una alta retención de humedad, siendo esta poco móvil, razón por la cual no se realiza el lavado de sales en el interior del suelo, dando como resultado un suelo salino.

Como se menciona anteriormente se realizó un muestreo al azar en dicha zona, de esta muestra se les realizó un análisis para determinar su estado en cuanto a contenido de nutrientes. (Ver anexo 1, Cuadro No 16).

#### 4.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es el de completamente al azar, con 3 repeticiones y 8 tratamientos siendo la unidad experimental cada maceta, dando un total de 24 unidades experimentales, interactuando las variables de esterilización del suelo, suelo no esterilizado, planta con inóculo, planta sin inóculo, aplicación de fertilizante y no aplicación de fertilizante, quedando los tratamientos de la siguiente manera, como se muestra el cuadro No 6.

---

**CUADRO No 6**

---

**TRATAMIENTOS**

- T1.- Suelo sin esterilizar, planta sin inóculo, sin fertilizar
  - T2.- Suelo sin esterilizar, planta con inóculo, sin fertilizar
  - T3.- Suelo sin esterilizar, planta sin inóculo, con fertilización
  - T4.- Suelo sin esterilizar, planta con inóculo, con fertilización
  - T5.- Suelo esterilizado, planta sin inóculo, sin fertilizar
  - T6.- Suelo esterilizado, planta con inóculo, sin fertilización
  - T7.- Suelo esterilizado, planta sin inóculo, con fertilización
  - T8.- Suelo esterilizado, planta con inóculo, con fertilización
- 

Los parámetros que se evaluarán son los siguientes:

- Altura de planta
- Desplazamiento de raíz
- Porcentaje de infección micorrizica
- Porcentaje de mortalidad
- Porcentaje de fósforo en la planta
- Peso fresco follaje
- Peso seco follaje



## V RESULTADOS

CUADRO No 7

### RESULTADOS POR TRATAMIENTO

	altura de planta	P. fresco	% P total	Desp. raiz	% Infecc.	% Mort
T1	0.0 C	0.0 C	0.0 E	0.0 C	0.0 D	0.0 B
T2	9.90 B	0.88 BC	0.18 D	1.0 BC	24.03 B	55.53 A
T3	5.98 BC	0.43 C	0.08 DE	0.47 BC	10.28 C	53.18 A
T4	21.26 A	1.75 AB	0.31 C	3.67 BC	22.68 B	77.73 A
T5	1.83 C	0.08 C	0.07 E	0.07 A	0.0 D	11.10 B
T6	19.10 A	0.87 BC	0.52 A	1.33 B	46.76 A	77.73 A
T7	0.0 C	0.0 C	0.0 E	0.0 C	0.0 D	0.0 B
T8	23.40 A	2.50 A	0.42 B	4.33 A	41.09 A	66.69 A

Como se puede apreciar en el cuadro No. 7. cada uno de los siguientes datos aquí presentes, son las medias obtenidas de los análisis de varianza, las letras que aparecen a un lado de los valores son los resultados de la prueba de diferencia significativa de medias, más honesta de Tukey. La letra "A" es la que presenta un mejor comportamiento que las demás, siguiendo el orden decreciente.

Los tratamientos que mantuvieron un comportamiento más estable en cuanto a altura de planta, son los que presentan el inóculo. Cabe mencionar que los descensos en la gráfica No. 4 altura de planta, (ver anexo No 3), se debe primordialmente a que habla pérdida de plantas, esto es, cada maceta cuanta con tres plantas, las cuales se medían cada semana obteniéndose tres lecturas y posteriormente se obtenía el promedio de las tres, cuando una de estas se moría, los valores eran menores a los de la semana anterior, pero esto no indica que no hubiera crecimiento en las demás.

La bibliografía nos reporta que el mayor éxito en el desarrollo o infección de la micorriza se presenta en suelos pobres, con bajo contenido de nutrientes. Esto se muestra claramente con los resultados obtenidos, ya que el tratamiento que tuvo un comportamiento más estable en cuanto a altura de planta fue el T6 ZE/G (suelo esterilizado, con inóculo, sin fertilizante). El suelo que presenta el municipio de Zumpango es pobre en nutrientes con alto contenido de calcio y sodio, por lo tanto el comportamiento del hongo micorrízico fue de gran ayuda para el establecimiento de la planta en condiciones poco favorables para su desarrollo.

El segundo tratamiento que presentó mejores condiciones para el desarrollo de la planta fue el T8 ZE/IF (suelo esterilizado, con inóculo, con fertilizante). Como se aprecia, la presencia del hongo micorrízico ayuda a la absorción de nutrientes que se encuentran en el suelo. (ver Anexo 2, cuadro No 13).

En estos dos tratamientos existe una interrelación muy importante, en cuanto a la utilización del fertilizante ya que los tratamientos que presentaron desarrollo más estable fueron a los que se les inóculo el hongo (T6 y T8). Posteriormente se encuentran los tratamientos que no se inocularon.

Los demás tratamientos a los cuales no se les inoculó el hongo, los resultados fueron los esperados, ya que, al no estar presente la micorriza, no se presentó absorción de nutrientes que se encuentran de forma insoluble en el suelo, por lo tanto lo poco que pueden absorber de nutrientes es de las aplicaciones de fertilizantes, en este caso no altera la esterilización del suelo, los microorganismos nativos del suelo se asocian bien con la planta.

En cuanto a peso fresco y peso seco del follaje, el T8 ZE/IF fue el que presentó un mayor desarrollo, siendo esto porque la fertilización le sirvió al hongo micorrízico como complemento de aportación de nutrientes. El T4 ZD/IF también presenta un desarrollo del follaje aceptable, hay que tomar en cuenta que en este caso se presenta suelo sin esterilizar, con

inóculo y fertilizante, esto quiere decir que la fertilización del suelo no determina la buena adaptación de la micorriza, si no que esta en función de la adición de fertilizante como complemento (ver Anexo 3, gráficas 5 y 6).

Un parámetro muy importante es el porcentaje de infección, se puede manejar, como la efectividad real del hongo micorrízico, ya que las esporas que deja en el suelo, sirven para reproducir este hongo. En el tratamiento que se observa una mejor infección es en T6 ZEIG (anexo 3, gráfica 1), este resultado reafirma lo dicho, que la micorriza tiene una mejor adaptación en suelos pobres, con poco contenido de nutrientes.

El tratamiento T8 ZEIF, también presentó un porcentaje bueno, la única variación que tiene este tratamiento con respecto al anterior, es la incorporación de fertilizante, por lo tanto, para un suelo de estas características influye la aplicación de fertilizante, ya que este ayuda al crecimiento y desarrollo de la micorriza. Donde se presentaron mejores resultados en cuanto a porcentaje de infección, fueron en los tratamientos donde se esteriliza el suelo, ya que en los otros, la efectividad disminuía, por lo tanto los microorganismos nativos del suelo afectan de manera poco considerable para una buena producción de esporas del hongo micorrízico, esta disminución en el porcentaje de infección no es representativa, tomando en cuenta que agronómicamente no es factible la esterilización del suelo a gran escala. (ver anexo 2, cuadro 10)

En cuanto al porcentaje de supervivencia de las plantas presenta características similares, ya que donde se presentó el menor índice de mortalidad fue en el tratamiento T4 ZDIF, tomando en cuenta, que en este tratamiento está presente en hongo micorrízico y la fertilización realizando el trabajo de complemento entre estos dos. Del 100% de plantas trasplantadas vivieron el 77.7%, una cantidad considerable, teniendo también un comportamiento bueno para altura de planta y desarrollo del follaje. Para un mejor entendimiento ver la gráfica 2, en el anexo 3 y cuadro 11 en el anexo 2.

El tratamiento T8 ZEIF, tiene un porcentaje de mortalidad bajo, ya que presentó el 66.6% de plantas vivas, siendo similar el T3 ZDJF. Los tratamientos T4 y T8 tienen algo en común y esto es la presencia del inóculo y la fertilización, demostrando con esto que para un suelo salino es necesaria la incorporación de estos dos factores para el óptimo desarrollo del hongo micorrízico, sin ser un factor determinante la esterilización del suelo.

En el otro caso el T3 ZDJF, presentó un porcentaje de sobrevivencia del 66.6%, siendo que su comportamiento no es tan estable, ya que no hay un buen desarrollo de follaje, ni buena altura de planta ni un buen porcentaje de infección, esto se puede explicar porque no hay una buena complementación entre el hongo micorrízico y la aplicación de fertilizante, en este caso la fertilización sola, sin el inóculo no ayuda de mucho para el desarrollo óptimo de la planta.

En las gráficas No 1 y 2 (Anexo 3) se observa claramente el porcentaje de infección micorrízica y la sobrevivencia de las plantas, estas se incrementan en el tratamiento T6 ZEIG y T8 ZEIF. Le Tacon en 1985, afirma que la planta por medio de la micorriza absorbe los nutrientes que se encuentran de forma inmóvil en el suelo, cosa que queda confirmada conforme al resultado, sirviendo la micorriza a la absorción de nutrientes, que se encuentran en el suelo

Shultz, 1979 y Jenhe, 1980 por medio de sus investigaciones determinan que la micorriza ayuda a incrementar la explotación en el suelo y la captación de nutrientes, especialmente en los suelos con bajo nivel de fertilidad, mientras que el hongo recibe a cambio carbohidratos producto de la fotosíntesis de la planta, como se puede apreciar, esta es una asociación entre el hongo y la planta, para mutua ayuda, tomando en cuenta que para este tipo de suelo la fertilidad es muy pobre, por lo tanto una aplicación de fertilizante funciona como complemento tanto a la planta como al hongo.

En cuanto a la fijación de Fósforo en la planta, se puede observar en la gráfica No 3 (ver anexo 3) una mayor absorción en el tratamiento T6 ZEIG, debido principalmente al trabajo del hongo micorrízico de absorber los nutrientes que se encuentran en el suelo de forma inmóvil. El tratamiento T8 ZEIF presenta una buena absorción de Fósforo, esto nos demuestra que la fertilización no afecta significativamente el desarrollo del hongo, si no al contrario le sirve de complemento nutricional.

Cabe mencionar que en los tratamientos T6, T8, T4 y T2, en todos ellos esta presente el hongo micorrízico, la fertilización en dos de ellos y el suelo esterilizado también en dos de ellos, teniendo una variación poco considerable para lo que implica la esterilización del suelo a gran escala, siendo la principal limitante el aspecto económico, para realizar tal labor.

Janos en 1980, menciona que los hongos micorrízicos deben de ser incluidos en los programas de vegetación de suelos desnudos, sin embargo hay dificultades para tener un éxito

considerable, ya que las plantas desarrollan colonizaciones mezcladas entre el hongo inducido y el nativo, es por esto que el hongo a inocular tenga gran capacidad competitiva y eficiencia en la búsqueda de nutrientes, cosa que sucedió en los tratamientos antes mencionados, donde el hongo Glomus fasciculatum presentó estas características de adaptación.

En general en los tratamientos antes mencionados la absorción de fósforo fue buena, esto se debe principalmente a lo que menciona Poss en 1985, los efectos de las micorrizas sobre las plantas sometidas a estrés por sales, pueden limitarse al mejoramiento de la nutrición fosforada. Esto quiere decir, que si una planta está sometida a condiciones adversas de sal para su desarrollo, la micorriza ayuda a absorber ese fósforo que se encuentra en el suelo de forma inmovil para su nutrición, aunque esta planta no pueda absorber la totalidad de los nutrientes procedentes de la fertilización.

---

**CUADRO No 8**

---

**MATRIZ DE CORRELACIONES****VARIABLES**

---

	3	4	5	6	7	8	9
3	1.00						
4	0.925	1.00					
5	0.641	0.697	1.00				
6	0.912	0.983	0.727	1.00			
7	0.910	0.770	0.425	0.761	1.00		
8	0.525	0.774	0.433	0.703	0.869	1.00	
9	0.930	0.761	0.560	0.731	0.850	0.962	1.00

---

#### Descripción de variables:

V3.- Altura de planta

V4.- Peso fresco de follaje

V5.- Peso seco de follaje

V6.- Desplazamiento de raíz

V7.- Porcentaje de sobrevivencia

V8.- Porcentaje de infección micorrízica

V9.- Porcentaje de Fósforo en la planta

Este análisis se realiza para ver si las variables están directamente relacionadas entre sí.

Existe una correlación bastante alta entre las variables cuatro y la número seis, y se explica de la siguiente manera: en cuanto más alto sea el peso fresco del follaje, mayor será su desplazamiento, o sea mayor espacio ocupa la raíz.

Otra relación bastante significativa es la variable número ocho con la variable nueve, en cuanto mayor sea el porcentaje de infección de la micorriza, mayor será el porcentaje de Fósforo que se encuentra en la planta, con esto queda más claramente explicado, la micorriza sirve para mejorar la absorción de nutrientes que se encuentran en suelo de forma inmóvil.

Una relación que no tiene trascendencia es la que presenta entre la variable número siete y la cinco, ya que no hay ninguna dependencia entre el peso seco del follaje y el porcentaje de sobrevivencia, esto es, que aunque el volumen del follaje sea muy grande no influye para que haya un mayor porcentaje de sobrevivencia.

Según el análisis de varianza practicado para cada una de las variables se obtiene que para la altura de plantas hay una alta diferencia significativa, esto quiere decir que los tratamientos con inóculo presentaron mejores rendimientos, que los no inóculados. Caso similar se presenta en las variables de desplazamiento de raíz, porcentaje de infección micorrízica y porcentaje de fósforo total.

Para la variable de porcentaje de sobrevivencia encontramos una diferencia significativa, aquí se presenta una diferencia entre los tratamientos inóculados y los no inóculados, aunque esta diferencia no es tan notoria como cuando se presenta una alta significancia.

En donde no se presentó una diferencia significativa es en las variables de peso fresco y peso seco del follaje, esto no quiere decir que no haya una diferencia entre los tratamientos inóculados y los no inóculados, estadísticamente no hay diferencia, pero en la realidad sí. En los cuadros 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se muestran los análisis de varianza.

**CUADRO No 9**

<b>VARIABLE: ALTURA DE PLANTA **</b>					
	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor Fc</b>	<b>Prob</b>
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>2796.85</b>			
<b>Variable 1</b>	<b>2</b>	<b>73.87</b>	<b>36.937</b>	<b>0.88</b>	
<b>Variable 2</b>	<b>7</b>	<b>2015.26</b>	<b>287.895</b>	<b>5.29</b>	<b>.004</b>
<b>Error</b>	<b>13</b>	<b>707.439</b>	<b>54.439</b>		

**CUADRO No 10**

<b>VARIABLE: PESO FRESCO N.S.</b>					
	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor Fc</b>	<b>Prob</b>
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>33.15</b>			
<b>Variable 1</b>	<b>2</b>	<b>2.92</b>	<b>1.459</b>	<b>1.46</b>	<b>.268</b>
<b>Variable 2</b>	<b>7</b>	<b>17.21</b>	<b>2.458</b>	<b>2.45</b>	<b>.007</b>
<b>Error</b>	<b>13</b>	<b>13.03</b>	<b>1.003</b>		



**CUADRO No 11**

**VARIABLE: PESO FRESCO N.S.**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor Fc	prob
Total	22	6.62			
Variable 1	2	0.14	0.072	0.22	
Variable 2	7	2.28	0.325	1.01	.469
Error	13	4.20	0.323		

**CUADRO No 12**

**DESPLAZAMIENTO DE RAIZ \* \***

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor Fc	prob
Total	22	81.89			
Variable 1	2	2.14	1.071	0.78	
Variable 2	7	61.36	8.766	8.20	.002
Error	13	18.39	1.415		

**CUADRO No 13**

<b>SOBREVIVENCIA *</b>					
	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fc</b>	<b>Prob</b>
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>36307.42</b>			
<b>Variable 1</b>	<b>2</b>	<b>1108.67</b>	<b>554.337</b>	<b>0.83</b>	
<b>Variable 2</b>	<b>7</b>	<b>23836.45</b>	<b>3405.208</b>	<b>3.90</b>	<b>0.16</b>
<b>Error</b>	<b>13</b>	<b>11362.29</b>	<b>844.022</b>		

**CUADRO No 14**

<b>INFECCION MICORRIZICA **</b>					
	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor Fc</b>	<b>prob</b>
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>8283.14</b>			
<b>Variable 1</b>	<b>2</b>	<b>181.62</b>	<b>80.843</b>	<b>1.28</b>	<b>.390</b>
<b>Variable 2</b>	<b>7</b>	<b>7182.13</b>	<b>1026.018</b>	<b>14.51</b>	<b>.000</b>
<b>Error</b>	<b>13</b>	<b>919.33</b>	<b>70.718</b>		

CUADRO No 15

FOSFORO TOTAL \* \*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor FC	Prob
Total	22	0.91			
Variable 1	2	0.00	0.00	0.07	
Variable 2	7	0.82	0.117	17.76	.000
Error	13	0.09	0.007		

Para saber si hay significancia o no, se obtiene por medio de una tabla el valor de F de tablas (Ft) y se compara con el valor de F calculada (Fc), para que haya diferencia significativa la Fc debe de ser mayor que la Ft. Este valor de Ft es para todas las variables. El valor de Ft es, para 0.05= 2.83 y para 0.01= 4.44. Los valores 0.05 y 0.01 son la probabilidad de error de nuestro análisis de varianza.

## VI CONCLUSIONES

---

Conforme a los resultados obtenidos, se infiere que la capacidad de adaptación de la planta de chile en asociación con la micorriza Glomus fasciculatum, en suelo salino, es favorable, ya que con la incorporación del hongo micorrizico, se presenta una mejor adaptación de dicha planta en suelo salino, hay una mejor tolerancia al estrés por sales, alimentándose la planta del fósforo que absorben las micorrizas.

Para que se presente una mejor adaptación de la planta a un suelo salino, están en juego algunos factores tales como: la fertilidad y la humedad del suelo, en este caso las micorrizas ayudaron para que se presentara un mejor transporte de agua a través de las plantas, demostrando que aunque el agua del suelo se filtre rápidamente, la capacidad de absorción de la planta infectada con el inóculo de la micorriza aumenta.

En cuanto a la fertilización, esta sirve como un complemento de nutrientes para la planta, esto es porque en los tratamientos en donde se encuentra juntos estos dos factores se obtuvieron resultados favorables para un buen desarrollo de la planta bajo condiciones adversas.

La asociación que forma la micorriza Glomus fasciculatum con los microorganismos nativos del suelo, resultó favorable, ya que estos no afectaron el desarrollo del hongo micorrizico, por consiguiente se puede concluir que no es necesaria la esterilización del suelo para que se presente una buena adaptación de la micorriza, siendo más importante la aplicación de fertilizante para que haya un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, tales como fósforo y nitrógeno.

Para una explotación 100% comercial, en la actualidad todavía no es factible su utilización, ya que la principal limitante es la obtención del inóculo a gran escala, además de que la difusión que presenta la micorriza no es la adecuada, conforme a la relevancia que tiene agrícolamente. Los trabajos que se tienen actualmente sobre el hongo micorrizico es a nivel experimental ya sea en invernadero o pequeñas parcelas, sin dejar de tomar en cuenta que todavía no se encuentra a la venta el inóculo del hongo.

## VII BIBLIOGRAFIA

---

- 1.- Acevedo Sandoval, Otilio A. y Calderón, Norma. (1990). Efecto de las micorrizas en la producción comercial. Facultad de Ciencias. Departamento de Edafología UNAM
- 2.- Jaen Contreras, David. (1990). Ecología y aplicación de los hongos endomicorrizicos vesículo-arbuscular en la producción agrícola. Laboratorio de micorriza. sección de microbiología. centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo México
- 3.- Jaen Contreras, David y Ferrara Cerrato Ronald (1989). Manual de métodos para la investigación y aplicación de los hongos endomicorrizicos en el laboratorio y campo. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos México.
- 4.- M. Caron, J.A. Fortin, and C. Richard. (1986). Effect of inoculation sequence of the interaction between *Glomus interradices* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomatoes. *Canadian Journal of Plant Pathology* 6: 12-16.
- 5.- R.D. Tinline, K.L. and H. Harding. (1989). Role of plant breeding in controlling soil-borne diseases. *Canadian Journal of plant Pathology* 11: 158-165.
- 6.- D.S. Hayman. (1984). Methods for evaluating and manipulating vesicular-arbuscular mycorrhiza. Society for applied bacteriology. USA.

- 7.- D.S. Hayman. (1986). The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. Department of bacteriology. USA.
- 8.- Mosse, B. & Phillips, J.M. (1971). The influence of phosphate and other nutrients on the development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in culture. J. gen. Microbiol., 69, 157-166.
- 9.- Gerdemann, J. W. (1961). A species of *Endogone* from corn causing vesicular-arbuscular mycorrhiza, *Ecology*, 53, 254-261.
- 10.- A. G. Khan. (1986). Growth effects of Vesicular-arbuscular mycorrhiza on crops in the field. Department of Biology, University of Islamabad Pakistan.
- 11.- Ross, J. P. (1971). Effect of phosphate fertilisation on yield of mycorrhizal soybeans. *Phytopathology*, 61 1400-1403.
- 12.- M.J. Daft & A. A. El-Giahmi. (1986). Effects of *Glomus* infection on three legumes. Department of Biological sciences University of Dundee. U: K.
- 13.- Peyronel, B. (1940). Prime osservazioni sui rapporti tra luce e simbiosi micorrizica. *Laboratorio della Chanousia* 4, 1-19.
- 14.- E. John Russell & E. Walter Russell. (1968). Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. *Suelos Salinos y alcalinos*. Inglaterra.
- 15.- C.A. Black. (1975). Relaciones suelo-planta. Universidad del Estado de Iowa. Ames Iowa, USA.

- 16.- Lopez Ritas, (1985). El diagnostico de suelos y plantas. Suelos Salinos. Ed. Mundiprensa. España.
- 17.- L.A. Richards. (1977). Respuesta de las plantas y selección de cultivos para suelos salinos y sódicos. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Riverside, Cal. E.U.
- 18.- Palacios Mayorga S. y Alvarez Hernández R. (1990). Estudio de la micorización de la alfalfa en suelos del ex-lago de Texcoco. Facultad de Ciencias, Departamento de Edafología; UNAM.
- 19.- D.H. Lambert (1975). Adaptation of vesicular-arbuscular micorrhizae to adaphic factors. Laboratory for environmental studies, Ohio Agricultural research and development center. USA.
- 20.- Le Tacon, Francois. (1980). Las micorrizas. una cooperación entre plantas y hongos. Revista Phytopathol.
- 21.- J.M. Barrea y C. Azcon-Aguilar. (1982). La rizosfera: interacciones microbio-planta. Unidad de Microbiología, Estación Experimental del Zaidin. Granada España.
- 23.- Murillo (1989). Horticuira general. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM
- 23.- D. P. Janos (1977). Vesicular-arbuscular micorriyzaí affect lowland tropical rain forest plant growth. Rev. Phytopathol.

24.-Harley, J.L. (1970). The Importance of microorganisms to colonising plants.  
Proc. Bot. Soc. Edinb. 41, 65-70.

25.-Agrios, George N. (1985). Fitopatología. Departamento de Fitopatología de la  
universidad de Massachusetts, E.U. Ed. Limusa.

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



## ANEXO 1

---

---

### CUADRO No 16

---

#### ANÁLISIS DE SUELO

Ph: 9.2

Materia Orgánica: Nula

Conductividad eléctrica: 3.53 dSm-1

Nitrógeno: 0.001%

Fósforo: 29 ppm

Potasio: 236 ppm

Sodio: 18.27 meq / 100 g

Calcio: 12.0 meq / 100g

Capacidad de intercambio catiónico: 32.37 meq / 100 g

Arena: 49.7%

Limo: 30.0%

Arcilla: 20.3%

Clasificación textural: Franco

Descripción FAO-UNESCO: Feozem Háplico.

---

## ANEXO 2

---

Los cuadros No. 17, 18, 19 y 20 muestran en orden decreciente el comportamiento de cada uno de los tratamientos.

---

CUADRO No 17

---

### % DE INFECCIÓN MICORRIZICA

- 1.- T6 ZEIG
  - 2.- T2 ZEIF
  - 3.- T2 ZDIG
  - 4.- T4 ZDIF
  - 5.- T3 ZDJG
- 

CUADRO No 18

---

### % DE SOBREVIVENCIA

- 1.- T4 ZDIF
  - 2.- T8 ZEIF
  - 3.- T3 ZDJF
  - 4.- T2 ZDIG
  - 5.- T6 ZEIG
  - 6.- T5 ZEJG
-

---

**CUADRO No19**

---

**% DE FOSFORO EN LA PLANTA**

- 1.- T8 ZDIG
  - 2.- T8 ZEIF
  - 3.- T4 ZDIF
  - 4.- T2 ZDIG
  - 5.- T3 ZDJF
  - 6.- T5 ZEJG
- 

---

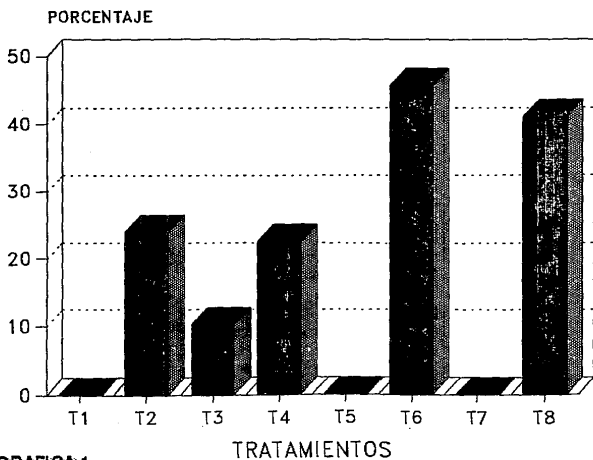
**CUADRO No 20**

---

**ALTURA DE PLANTA**

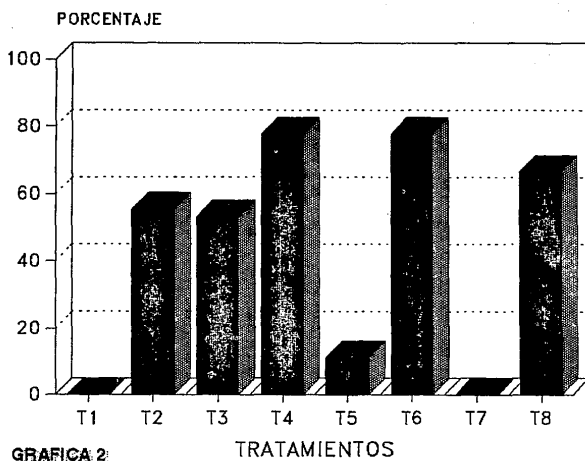
- 1.- T8 ZEIG
  - 2.- T8 ZEIF
  - 3.- T4 ZDIF
  - 4.- T2 ZDIG
  - 5.- T3 ZDJF
  - 6.- T5 ZEJG
  - 7.- T1 ZDJG
  - 8.- T7 ZEJF
-

## % DE INFECCION MICORRIZICA

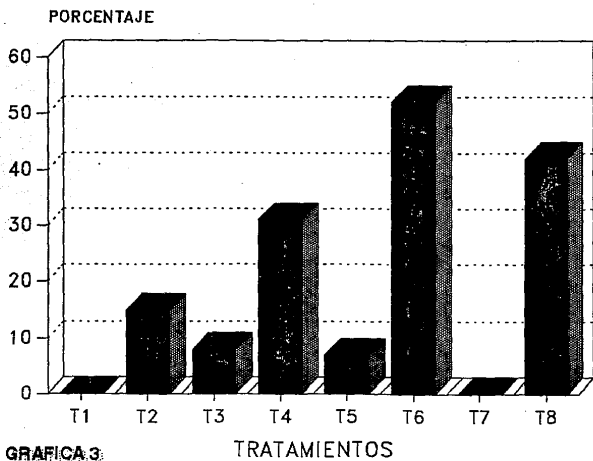


GRAFICA 1

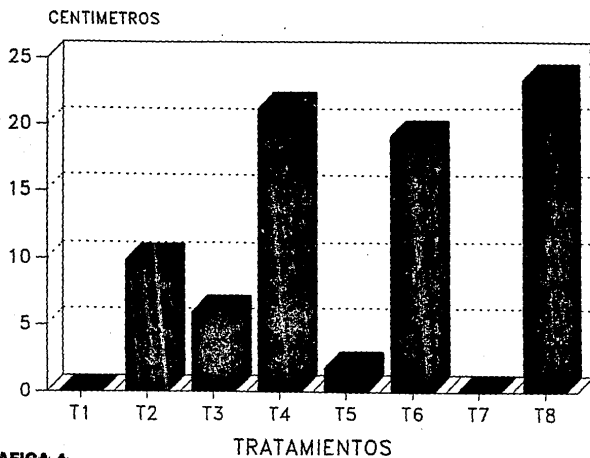
## % DE SOBREVIVENCIA



## % DE FOSFORO TOTAL

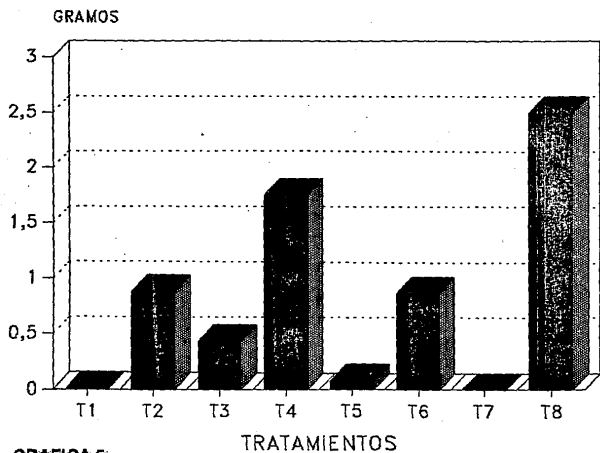


# ALTURA DE PLANTA



GRAFICA 4

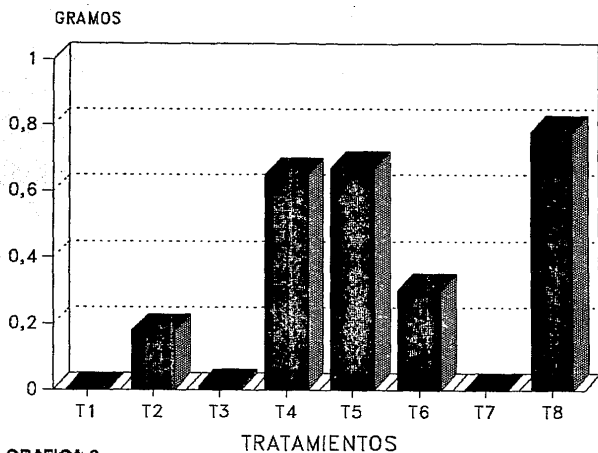
## PESO FRESCO DEL FOLLAJE



GRAFICA 5



## PESO SECO DEL FOLLAJE



GRAFICA 6:

## DESPLAZAMIENTO DE RAIZ

